تلوث البيئة وملوثاتها

دكتور
حسين العروسى

عادل المسلماني



مكتبة المعارف الحديثة
حمادة زغلول
إسكندرية

الجُزءُ الثَّاني

المصادر الرئيسية للتلوث البيئى

تلوث البيئة وملوثاتها

دكتور

حسين العروسي

2000

مكتبة المعارف الحديثة
23 شارع تاج الرؤساء / سابا باشا
الإسكندرية

الجزء الأول

تلوث الأوساط البيئية

المحتويات

رقم الصفحة

تابع : المحتويات

رقم الصفحة

بيئـــــة الأرض
كيف كانت ... وإلى أى حالٍ صارت ؟

خلق الله الأرض منذ ما يقرب من خمسة ملايين سنة ، كانت آنذاك فى حالة غير صالحة للحياة ... كانت الأرض كتلة كبيرة من مواد منصهرة محاطة بجو من غازات كثيفة ، يعتقد أنه كان يتكون من النشادر والأيدروجين والأكسوجين وثانى أكسيد الكربون ... حرارة سطح الأرض والجو المغلف لها شديد الإرتفاع ... الماء الضرورى للحياة لا وجود له . مرت أزمنة جيولوجية طويلة تغيرت فيها بيئة الأرض ... تغيرت طبيعياً وكيميائياً . فى تلك العصور العتيقة لم تكن للحياة فرصة للوجود . مرت حوالى 500 مليون سنة منذ نشأة الأرض ، بردت فيها حرارة الأرض قليلا قليلا ، تصلبت أثناء ذلك أجزاء من سطح الكتلة المنصهرة ... ظهر فى الجو بخار الماء الذى نتج عن إتحاد بين غازى الإيدروجين والأكسوجين . إزدادت برودة الجو وبدأ تساقط المطر من السحب الكثيفة المغلفة للأرض. كانت بيئة الأرض آنذاك ، سواء من ناحية سطحها المنصهرة أو المتصلبة، أو من ناحية تركيب الغلاف الجوى المحيط بها ، أو من ناحية معدلات الحرارة السائدة ، أو من جهة مستوى الإضاءة الشمسية ، مختلفة تماما عن الظروف الطبيعية والكيميائية السائدة حاليا . إنخفضت حرارة سطح الأرض وجوها ، لكنها لا زالت تعتبر شديدة الارتفاع بمقاييسنا الحالية ... لم تكن حرارة الأرض ناشئة عن حرارة الشمس ، بل كان مصدرها حرارة الكتلة المنصهرة فى جوف الأرض ... ضوء الشمس المباشر لا يصل إلى سطح الأرض نهارا أو ليلا ، فالسحب كثيفة والأمطار غزيرة ومستمرة السقوط ، لا تكاد تصل إلى سطح الأرض أو قريبا منه حتى تتبخر ثانية. الغلاف الجوى تغير تركيبه عن ذى قبل ، فأصبحت غالبية مكوناته من غازات الميثان وثانى أكسيد الكربون والنشادر ، إضافة إلى بخار الماء ، فقد إتحد معظم ما بالجو من إيدروجين وأكسوجين وصار بخارا مائيا . إستمر الإنخفاض فى درجة حرارة

الجو فوصلت الحرارة إلى درجة تسمح ببقاء الماء السائل المتساقط على سطح الأرض وأصبحت الأرض مهيأة لظهور حياة عليها .

يعتقد أن الحياة الأولى ظهرت على الأرض منذ حوالى 3800 مليون سنة. كانت الأحياء الأولى بدائية بسيطة ... عاشت دون أكسوجين فى الجو أو بقليل منه... حياة لا هوائية محبة للحرارة المرتفعة ... إنخفضت حرارة الجو أكثر فأكثر... تغير جو الأرض تدريجيا فظهرت أحياء وإندثرت أخرى ، وفقاً للتغييرات الحادثة . إستمر الإنخفاض فى حرارة الأرض حتى وصلت إلى المعدلات الحالية ، وأحياناً إلى معدلات أبرد خلال عصور جيولوجية سابقة . وقلت كثافة السحب فسمحت للشمس بالسطوع . تلاءم التغيير فى جو الأرض مع ظهور كائنات تحتوى على كلوروفيل ، فكان له دور كبير فى تغيير جو الأرض. الكلوروفيل ؛ المادة الخضراء التى ميزت النباتات البسيطة ، لعب دوراً رئيسياً فى تغيير جو الأرض لصالح الإنسان . قام الكلوروفيل الموجود بالنباتات البسيطة التى إحتوت عليه بسحب الكثير من غاز ثانى أكسيد الكربون الذى كان يسود جو الأرض وأنتج بدلاً منه غاز الأكسجين . من ذلك الوقت بدأ الأكسوجين فى الزيادة بجو الأرض وبدأ ثانى أكسيد الكربون فى التناقص .

تهيأت بيئة الأرض لإستقبال أنواع أخرى من الحياة تحتاج إلى الأكسوجين لمعيشتها ... تنوعت الأحياء النباتية كما تنوعت الأحياء الحيوانية ، وإزدادت أشكالهما ووظائفهما تطوراً ورقياً .

منذ ما يقرب من 250 ألف عام كانت بيئة الأرض طبيعياً وكيميائياً وبيولوجياً فى أفضل صورها لإستقبال أذكى مخلوقات الله وأقدرها على المنافسة وإستعمار الأرض ، فكانت خلقة الإنسان وسط بيئة ملائمة له ومناسبة لنسله ... تربتها جيدة غنية بعناصرها ... جوها نقى يحتوى من الأكسوجين القدر المناسب لحياة الإنسان

والحيوان والنبات ويحتوى من ثانى أكسيد الكربون القدر البسيط الذى يتلاءم مع حياة النبات الضرورى لتغذية الإنسان وحيواناته ... ماؤها العذب يجرى على سطحها أنهارا جارية نقية ، كما يجرى فى باطنها على أعماق مختلفة وقد يتدفق من الأرض ينابيعا ، وقد نحفر له آبارا ... وفى السماء يسير الماء النقى سحبا تجرى بإذن الله إلى أماكن مختلفة فتسكب بعضا من حمولتها ... هنا وهناك ... أمطارا وسيولا ، تروى أرضا عطشا فتخرج من كل الثمرات رزقا للإنسان.

﴿ وأنزلنا من المعصرات ماء ثجاجا لنخرج به حبا ونباتا وجنات ألفافا ﴾ *

تغير جو الأرض كثيرا عن ذى قبل ، فأصبح ملائما للأحياء الجدد ، فجو الأرض حاليا يتركب أساسا من 78 % نتروجين و20% أكسوجين، والباقى 1% أرجون ثم مكونات أخرى ، وأهمها لأحياء الأرض غاز ثانى أكسيد الكربون ونسبته حوالى 0.03 % .

ظهر الإنسان ، بعد أن سبقته إلى الحياة تشكيلة كبيرة أخرى من الأحياء ... بعضها يتلاءم مع الحياة المائية ... والبعض يتوافق مع المعيشة الأرضية ... والبعض يعيش داخل التربة ... والبعض يعيش على سطحها ... والبعض يسكن أعالى الأشجار ويحصل على غذائه من خيرات الأرض والماء ... والبعض يطير فى الهواء وغذاؤه من الأرض أو الماء . هذه بيئة مناسبة لحياة الإنسان ... أرض صالحة لإقامة الإنسان وإعاشته ... ماء نقى عذب صالح لشربه ونظافته ولإنتاج ما يناسبه من نباتات وما يتغذى عليه من حيوانات ... هواء ذو تركيبه ملائمة له... بيئة لم يلوثها أحد ، وإن تلوثت بفعله أو بفعل غيره من الأحياء ، فهى قادرة على تنظيف نفسها وإزالة ما بداخلها من ملوثات ، وإعادة تركيبها إلى ما كانت عليه.

---

* النبأ 14 -16.

تلك بيئة الإنسان عندما خلق الإنسان ... بيئة يعيش فيها الإنسان مع غيره من المخلوقات التى سبقته فى الوجود ... يعيشون جميعا فى حالة من التوازن لا تسمح بزيادة أنواع منها على حساب أنواع أخرى بسبب الثبات التقريبى لبيئة الأرض . العلاقات البيئية بين مختلف الكائنات الحية ، تحت الظروف الطبيعية ، علاقات متكاملة ، لا تسمح بوجود مخلفات أو ملوثات خلال سلسلة الغذاء ... مخلفات الحيوانات وبقاياه هى غذاء لكائنات دقيقة تعيش فى التربة أو الماء ... نواتج نشاط الكائنات الدقيقة غذاء جيد للنباتات والتى تعتبر أول خطوات السلسلة الغذائية ... بقايا النباتات وغيرها من الأحياء تحللها الميكروبات ، وهكذا فمخلفات مختلف الأحياء لا تلوث البيئة ولكنها أغذية لكائنات أخرى .

حاليا لم تعد بيئتنا ، كما منحنا إياها رب العزة فى وضعها الأول بل صارت بفعلنا بيئة أخرى ... أضفنا إليها الكثير ، كما أخللنا بالتوازن الطبيعى بين مخلوقات الله . أدخلنا إلى مكونات البيئة مركبات جديدة وإشعاعات متنوعة أضرت بنا كما أضرت بكثير من الأحياء التى تشاركنا سكنى هذه البيئة . لم يقتصر إضرارنا للبيئة على ذلك ، بل غيرنا من طبيعة البيئة ، فتأثرت حرارة الجو ، وحلت الضوضاء محل الهدوء فى حالات كثيرة . ففى السنين الأخيرة فى أقل من قرنين من الزمان... مع التقدم التكنولوجى الكبير ... مع الزيادة المطردة فى أعداد السكان ، بدأ التدهور البيئى ، فالمسبب الأول كانت فى النمو البشع لأعدادنا على الأرض ، فقد كنا لا نتعدى 200 مليون نسمة يعيشون على ظهر الأرض فى السنة الأولى الميلادية ، أى بعد مرور ما يقرب من 250 ألف عام من وجودنا على الأرض ، ثم صرنا حوالى 500 مليون نسمة بعد مرور ألف عام ، ثم تضاعفنا وأصبحنا حوالى 1000 مليون بعد ثمانمائة عام أخرى أى سنة 1800 ، بعد ذلك بدأ التكاثر السريع فتضاعفنا مرة أخرى وصرنا 2000 مليون نسمة بعد مائة عام أخرى، أى سنة 1900 ، وبعد مائة عام أخرى أى بنهاية القرن الحالى ستكون أعدادنا حوالى 6000 مليون ، ومن المتوقع وصول أعدادنا إلى 8500 مليون سنة 2025 ثم إلى 11500 مليون سنة 2050 ، وتقول الدراسات أن أعداد سكان الأرض سوف يستقر عند 14 بليون نسمة.

وتقول التوقعات أن معظم الزيادة السكانية ستكون من نصيب الدول النامية ، حيث تراجعت معدلات الوفيات وإستمرت الخصوبة مرتفعة، بينما نجد أن معدلات المواليد والوفيات في الدول المتقدمة منخفضة ومتعادلة، وأعداد سكانها ثابتة .

أحدث الإنسان تغييرات كبيرة في بيئة الأرض ، فالإنسان هو العامل الرئيسي في تدهور البيئة ، وهو في نفس الوقت الضحية الأولى لهذا التدهور. ففي أواخر القرن الثامن عشر بدأ النشاط الصناعي معتمدا أساسا على الخشب كمصدر للوقود ، ثم في أوائل القرن التاسع عشر إستخرج الفحم على نطاق واسع واستخدم في الصناعة والتدفئة وفي أواخر القرن التاسع عشر بدأ البترول في الظهور كوقود للصناعة ، وحدث توسع كبير في استخدامه منذ منتصف القرن العشرين . حرق الوقود بمختلف أنواعه كان المعول الأول المستخدم في هدم البنيان السليم وتلويث البيئة .

في الفترة بين عامي 1914-1919 إستخدمت الغازات السامة في الحرب العالمية الأولى . وفي سنة 1945 فجر الأمريكان أول قنبلة ذرية في صحراء نيومكسكو تلتها إلقاء قنبلتين ذريتين على مدينتي هيروشيما Heroshema وناجازاكي Nagasaki باليابان في أغسطس سنه 1945 . فالهواء دخلته غازات جديدة في الحرب العالمية الأولى ، ثم إشعاعات مؤينة قبيل نهاية الحرب العالمية الثانية

لم يقتصر التلوث على ما سبق فقد إرتفعت معدلات بعض الغازات الموجودة فعلا بالجو وأضيفت مواد أخري جديدة على البيئة ، من ذلك ارتفاع معدلات غاز ثاني أكسيد الكربون وما ينتج عنه من تأثير صوبي على الجو، وكذلك كثرت غازات أكاسيد الكبريت والنتروجين عن معدلاتها السابقة والتي تسببت في ظاهرة الأمطار الحامضية في بعض الدول الشمالية، كما ظهرت غازات المركبات الكلوروفلوروكربونية وزاد إنطلاق غاز الميثان وغيره مؤثرة تأثيرا ضارا على

منطقة الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير بالغلاف الجوى . كذلك فقد ساهم التقدم التكنولوجى الكبير والتوسع فى إنشاء محطات الطاقة الكهربائية فى تكوين الأوزون فى الجو القريب المحيط بنا ، فكان تكوينه ضررا على صحة الإنسان والحيوان والنبات .

إضافة إلى ما سبق يجب أن لا نغفل التجارب النووية التى تجريها الدول الكبرى والأخرى التى تريد إظهار قوتها لأعدائها وترغب فى أن تكون عضوا فى مجمع الدول النووية ، كما حدث خلال مايو سنة 1998 من إجراء الهند لخمسة تجارب نووية تحت الأرض ، تبعتها بفترة زمنية قصيرة خلال نفس الشهر قيام باكستان بتفجير ستة قنابل نووية فى تجارب مماثلة. وهكذا تتنافس شعوب العالم ويتحدى بعضه بعضا فى تدمير أحياء الأرض نتيجة لما ينبعث عن تلك التفجيرات من غازات مشعة قد تتكون داخل التربة فى التفجيرات تحت التربة ... ملوثه للتربة والماء الأرضى ... وقد تكون محفزة لحدوث زلازل. وفى التفجيرات النووية فوق سطح الأرض تتصاعد الغازات ثم تتساقط العناصر المشعة فوق الأراضى والبحار والمحيطات محدثة آثارا ضارة على الأحياء .

لم ينج الماء من الملوثات ، فبعد أن كان ماء الأنهار الذى ينتج مقطرا ناتجا عن سيولة السحب مذيبا أثناء نزوله بعض غازات الجو ومذيبا أثناء سريانه بعض أملاح التربة التى تكسبه عذوبة ، ويحمل أثناء سريانه بعض الطمى الذى يغنى الأراضى التى يغمرها . هذا الماء أصبح الآن مصبا للصرف الزراعى والصرف الصحى والصرف الصناعى بما يحمله كل منها من ملوثات سيأتى ذكرها ، هذا بخلاف ما يضاف إليه من فضلات ركاب البواخر والصنادل والمراكب التى تسير فيه وعوادم وقودها . أما مياه البحار والمحيطات فقد أصبحت موبوءة بما يصل إلى مائها من تلوثات الأنهار التى تصب فيها وتلوثات المصارف الأخرى ، بجانب التلوثات الناتجة عن البواخر العديدة التى تسير بها وخاصة حاملات البترول .

أما التربة ، فحدث عنها ولا حرج ، فهى مكان معيشتنا ، عليها نبنى مساكننا ، ومنها نستمد غذائنا النباتى وعليها نربى أغنامنا وماشيتنا . ومع تزايد سكانها سنة بعد أخرى ، نقتطع منها ... من غاباتها وصحاريها ... من أراضيها الجيدة المنزرعة ومن مراعيها التى كانت ترعى عليها أغنامنا وماشيتنا وإبلنا ... تحول كل ذلك إلى غابات من نوع آخر ... غابات من الأسمنت والحديد ... نجرف التربة الزراعية ونحولها إلى قوالب من الطوب لنستكمل البناء ... نقطع الغابات لنستفيد من أخشابها لتصنيع شبابيك وأبواب وأثاث . وقد قدر ما نستقطعه من غابات بحوالى 43 مليون فدانا سنويا . ونقلع نباتات المراعى لنستدفئ بحطبها ونستخدمه وقودا فنحول المراعى إلى صحراء جرداء . الأشجار وغيرها من النباتات هى رئة الأرض تمنحنا الأكسوجين الذى نستنشقه وتسحب ما فاض عن إحتياجاتنا من ثانى أكسيد الكربون .

لم نكتف بما ذكرناه من إضرار أحدثناها بالتربة ، بل لوثنا ما تبقى من أرض ، فأضفنا إلى التربة مواد كيميائية من أسمدة ومبيدات ، وجعلنا من بعض الأراضى الأخرى مقالب نلقى فيها مخلفات مصانعنا ومخلفاتنا سواء فى صورة صرف صحى للمدن والمنشآت الصناعية أو قمامة منازلنا والتى تشمل بخلاف قمامتنا اليومية ، ما إستغنينا عنه من أثاث تالف وأجهزه كهربائية خربة وأدوات منزلية ولعب أطفال لم نعد فى حاجة إليها وسياراتنا القديمة ومخلفات متاجرنا ومكاتبنا ومصالحنا ومصانعنا . ومن أخطر المقالب مقالب النفايات المشعة وغيرها من النفايات الخطرة والتى قد يبقى أثرها الضار مئات أو آلاف السنين .

بعد الحرب العالمية الثانية تزايدت أعداد سكان الأرض الآدميين زيادة كبيرة ، فبعد أن كانت أعدادهم 3000 مليون نسمة سنة 1950 صارت 3600 مليون 1970 وأصبحت حاليا حوالى 6000 مليون نسمة. وتقدر الزيادة السنوية حاليا حوالى90 مليون شخص . تؤدى زيادة الكثافة السكانية إلى زيادة النشاط السكانى ، والتى إذا

أسئ إدارتها ينتج عنه تلف بيئى ونقص فى مصادر الإنتاج ، وهذا يؤثر بالتالى على صحة الإنسان . صحب تلك الزيادة السكانية تقدم تكنولوجى كبير ، صحبه زيادة فى النزاعات ... نزاعات حول الحدود ... نزاعات حول المياه ... نزاعات حول مصادر الثروة المعدنية ... حروب كثيرة بين الدول ... صراعات حول السلطة داخل الدولة الواحدة ... إنقلابات ... ثورات ... هجرات . يعتقد الكثير أن الإنفجار السكانى هو السبب الرئيسى للنزاعات والأزمات الإجتماعية ، وأيضاً هو السبب الأساسى فى التلوث البيئى .

أدخل الإنسان آلاف الملوثات إلى بيئة الأرض ، التى لم يكن لها وجود قبل قرن من الزمان. غيرت تلك الملوثات من بيئة الأرض الطبيعية مما صارت معه بيئة غير ملائمة لسكان الأرض من أحياء مختلفة. تلك الملوثات الكيميائية إكتشفها العلماء وساهم رجال الصناعة فى تصنيعها وإنتاجها .

إن التشاذ فى علاقة الإنسان بالأرض والذى يعتمد على إستنفاذ أكثر ما يمكن من موارد الأرض وإضافة الكثير من المواد الجديدة المصنعة ومن عوادمها ، أصبح يعلن عن نفسه من خلال أزمات بيئية متعددة ... ظهور ثقب الأوزون فى القطب الجنوبى ثم فى القطب الشمالى ... إنقراض العديد من الأحياء ... تسخين جو الأرض وما يتوقع عنه من غرق للسواحل ... تساقط أمطار حامضية ... فقدان حوالى 82 فدان من الغابات كل دقيقة .

نحن نعيش عالماً واحداً فى كوكب واحد صغير بمقياس الكون الفسيح اللا محدود ... نعيش فى كوكب تلوث ويزداد تلوثاً عاماً بعد آخر . التلوث فى وسط بيئى ينضح أثره على وسط بيئى آخر ... إذا ما تلوث الهواء فإن ما يحمله من ملوثات يتساقط طبيعياً بالجاذبية الأرضية أو تتساقط مع الأمطار ، فتتلوث بذلك التربة التى يسقط عليها أو الماء إذا سقطت الملوثات به ... وإذا تلوث الماء فإن

ملوثاته تنتقل بالشرب أو الإستحمام إلى الإنسان، ثم تعود تلك الملوثات إلى التربة عن طريق الفضلات أو بالموت ، كما تنتقل ملوثات الماء مباشرة إلى التربة عن طريق الرى ، وقد تتطاير الملوثات فتلوث الجو ... وإذا تلوثت التربة فإن أثر ذلك يظهر على ماء التربة الجوفية ومياه الصرف الزراعى ، ومنها تنتقل إلى الأنهار والبحار . هكذا يبدأ الضرر من وسط بيئى ثم يعم الضرر كافة الأوساط .

هل حدوث تلوث فى قرية ما يعرض أماكن بعيدة لهذا التلوث ؟

نعم ، قد حدث ذلك .

كيف كان ذلك ؟

وصلت ملوثات إلى القطب الشمالى بمبيدات لم يسبق إستخدامها هناك... إستخدمت تلك المبيدات فى رش محاصيل بأرض منزرعة بعيدة ... إنتقلت تلك المبيدات من الأرض التى تساقطت عليها أثناء رش المزروعات إلى مصارف الأراضى الزراعية المرشوشة ... صبت المصارف محملة بالمبيدات فى الأنهار... صبت الأنهار فى البحار ... تلوثت مياه البحر بتلك المبيدات ... إمتصت النباتات والطحالب البحرية تلك المبيدات .. تغذت أسماك على تلك النباتات والطحالب فتلوثت الأسماك .. تغذت أسماك أخرى وحيوانات بحرية أخرى على الأسماك العشبية فتلوثت الأسماك ذات التغذية الحيوانية تغذت طيور على الأسماك الملوثة ... هكذا وصل التلوث من المياه خلال سلسلة من كائنات مختلفة يتغذى بعضها على بعض حتى وصلت إلى طيور القطب الشمالى فظهر التلوث هناك ، بعيدا جدا عن مصدره .. حقا إنه لعالم صغير .

إنه لعالم صغير ، ليس فقط على مستوى سطح الأرض وأحيائها ، بل حتى في طبقات الجو العليا ، فقد حمل الهواء ما صنعناه من ملوثات وما أضفناه إلى الهواء

الجوى من غازات ، فإرتفعت تلك الغازات عشرات الكيلومترات وأضرت بمنطقة الأوزون العليا .

هكذا تسلم الإنسان الأرض نظيفة نقية فعمرها وخربها !! ... عمرها بالسكان وبالعلم الدينى والدنيوى ، وإكتشف كثيراً من نواميس الطبيعة وأسرار الكون والحياة، وتقدم تكنولوجيا تقدماً كبيراً ... وخربها بذكائه ... بعلمه وإكتشافاته وإختراعاته ، فأخل بالتوازن البيئى ، وأصبحت الأرض ملوثة فى حاجة إلى تطهير... وقذرة تحتاج إلى تنظيف ... ومزعجة تتطلب الهدوء. هذا ما صارت إليه الأرض وعلينا نحن قاطنيها أن نعيد إليها طبيعتها الأولى التى تسلمها أجدادنا، بأن نصلح ما أفسدنا وأن ننقى الأرض مما أضفنا من ملوثات وأن نحافظ على ما تبقى من أحياء ، وأن نعيد إلى عالمنا الصغير حيويته ونضارته وشبابه.

تــلــوث الـهــواء الجـــوى

تحاط الكرة الأرضية بغلاف جوى يتكون من عدة طبقات غازية تصل فـــى إرتفاعها إلى أكثر من أربعمائة كيلومتر ، ويزن هذا الغلاف الجوى حوالى ســتة بلايين طن .

يتركب الغلاف الجوى من عدة طبقات (شكل 1) ، ترتيبها من أسفل إلى أعلى كالتالى :

1 - طبقـة التربوسفير Troposphere : يتراوح سـمك هـذه الطبقـة مـن سـبعة كيلومترات إلى ثمانية عشر كيلومترا، يقل السمك عند قطبى الكرة الأرضية ويـزداد السمك عند خط الإستواء . هـذه الطبقـة هى أثقل طبقات الجو، فهى تكــون حوالى 80 % من كتلة الغلاف الجوى ، وتتميز بأن درجة حرارتها تنخفض كلما إرتفعنا ، وذلك بمعدل 6.5 م لكل كيلومتر فى الارتفاع ، فى هـذه الطبقـة، تتكون السحب وتتساقط الأمطـار والجليد وتتحرك الريـاح وتحدث العواصف وتيـارات الحمـل الرأسية وذلك نتيجة لدورة بخار الماء .

2 - طبقــه الستراتوسفير Stratosphere : تتحـدد بدايــة هـذه الطبقـــة بتوقــف الإنخفاض الحرارى بالارتفاع ، فعند بدايتها تثبت درجة الحرارة حتى إرتفاع حوالى 30 كيلومتر ، بعدها تنعكس الحرارة فيحدث إرتفاع حرارى مع الصعود إلى أعلى وتصل إلى حوالى 100° م . تمتد طبقة الأستراتوسفير حتى إرتفاع 20 إلــى60 كيلومتر من سطح البحر. تحتوى هذه الطبقة على منطقه يحدث بها تركيز لغاز الأوزون ozone (O_3)، تعرف هذه المنطقة بمنطقه الأوزون وهى تقع على إرتفاع من15 إلى 40 كيلومتر من سطح البحر . منطقة الأوزون ذات منفعة كبيرة للحياة على الأرض ، ذلك أنها تقى أحياء الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الضارة بالصحة وهى الأشعة ذات الموجات 2000 إلى 3000 أنجستروم *

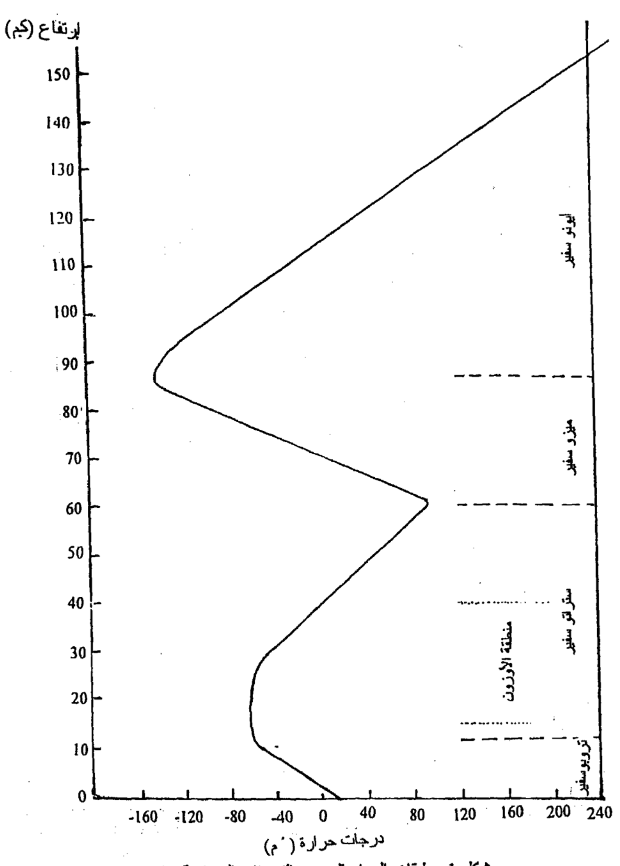
(*) الأنجستروم = جزء من عشرة بليون من المتر = 10^{-10} متر3

3 - طبقه الميزوسفير Mesosphere : وتمتد حتى 85 كيلومتر فوق سطح البحر ، وينعكس فى هذه الطبقة الإتجاه الحرارى للمرة الثانية حيث تتناقص الحرارة بزيادة الإرتفاع حتى تصل الحرارة إلى حدها الأدنى فى أعلى هذه الطبقة ، وتكون حوالى 138 - ° م . هذه الطبقة هامة أيضا، لأحياء الأرض إذ تقيهم من كثير من الشهب والنيازك التى تتساقط على الأرض ، نتيجة للحرارة التى تتولد أثناء إختراقها. ويميز هذه الطبقة ظهور ومضات مضيئة.

4 - طبقه الأيونوسفير Ionosphere : تمتد هذه الطبقة حتى إرتفاع يزيد عن 400 كيلومتر ، وتتكون من عدة شرائح من غازات متأينة ، وفيها ينعكس الإتجاه الحرارى للمرة الثالثة ، حيث تبدأ ثانية فى الإرتفاع كلما إتجهنا إلى أعلى وتصل إلى أكثر من 1000°م هذه الطبقة موصلة جيدة للكهرباء وتحتوى على جسيمات مشحونة كهربيا وهى طبقة هامة بالنسبة للإتصالات اللاسلكية والموجات الإذاعية حيث تقوم بصد الموجات المتوسطة والقصيرة وعكس إتجاهها، أما الموجات المتناهية القصر فتخترق الأيونوسفير وتتجه إلى الفضاء الخارجى ولهذا فتستخدم تلك الموجات القصيرة جدا للاتصال بسفن الفضاء والأقمار الصناعية وفى محاولات الاتصال بالعالم الخارجى.

5 - طبقه الثرموسفير Thermosphere : وهى آخر طبقات الغلاف الجوى، وتمتد من نهاية طبقة الأيونوسفير حتى الفضاء الخارجى وتصل فى نهايتها إلى حوالى 800 كيلومتر فوق سطح البحر ويظهر فيها تفاوت كبير بين درجات حرارة الليل والنهار.

يعمل الغلاف الجوى بطبقاته المختلفة على حماية أحياء الأرض مما يتساقط عليها من شهب ونيازك ومن كثير من الإشعاعات الضارة القادمة من الفراغ الخارجى .



شكل 1 : طبقات الهواء الجوى والتغيرات الحرارية بها

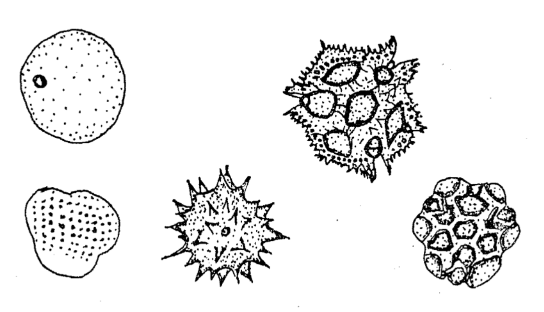
يتكون الهواء الجوى فى جزئه السفلى الذى يحيط بنا من الأكسوجين الضرورى لتنفسنا وتنفس أحياء الأرض ، وبنسبة ضئيلة لكنها هامة من غاز ثانى أكسيد الكربون الضرورى لنمو النباتات وتخزين طاقة الشمس وتحويلها من طاقة ضوئية حرارية إلى طاقة غذائية تستفيد منها كافة المخلوقات . يحتوى جو الأرض على غازات أخرى ، خاصة غاز النتروجين المكون لحوالى 75 % من وزن الهواء. أحياء الأرض المختلفة قد تأقلمت حياتها على التركيبة الطبيعية لمكونات الهواء ، يستثنى من ذلك قلة ضئيلة من كائنات دقيقة إستغنت عن الأكسوجين الحر لتنفسها، فهى تعيش وتزدهر فى وسط خال من الهواء الجوى . أية تغييرات تحدث فى التركيبة الطبيعية للهواء الجوى سواء كان ذلك بالزيادة أو بالنقصان أو بالإضافة يجعل هذا الجو غير مريح للحياة ويدخل فى حكم ملوثاته *

تتضح أهمية الهواء الجوى وأضرار ما يحتويه من ملوثات فى أنه يحيطنا بحاطة تامة ، وأنه أثناء قيامنا بالتنفس ، وهى عملية لا إرادية تبدأ عقب الولادة مباشرة وتستمر حتى الوفاة ، تستمر ليلاً ونهاراً ، فى اليقظة وأثناء النوم، بمعدل 15-16 مرة فى الدقيقة ، يدخل الهواء إلى الرئتين بمعدل 11 ألف إلى 15 ألف لتر يومياً بالنسبة للشخص البالغ . يدخل مع الهواء كل ما يحمله من شوائب ... بعض الشوائب تحجزها الشعور الأنفية ... البعض الآخر تحجزها الأغشية المخاطية للأنف والقصبة الهوائية . ما يتبقى من ملوثات يصل إلى الرئتين وشعبهما الهوائية. لا يقتصر التأثير الضار للملوثات عن طريق ما يصل إلى أجهزتنا التنفسية خلال تنفسنا ، بل يمتد التأثير إلى ما يصل من ملوثات إلى جلودها المعرضة للهواء، وتتأثر أيضا بما يتساقط من ملوثات الجو على أطعمتنا فتصلنا مع ما نتناوله من غذاء .

* تلوث الهواء كما جاء فى قانون البيئة المصرى رقم 4 لسنة 1994 ، هو كل تغيير فى خصائص ومواصفات الهواء الطبيعى يترتب عليه خطر على صحة الإنسان والبيئة سواء كان هذا التلوث ناتجاً عن عوامل طبيعية أو نشاط إنسانى ، بما فى ذلك الضوضاء .

يتلوث الجو طبيعيا من الحرائق التى تحدث ، ومن حبوب لقاح أزهار النباتات . تتسبب حبوب اللقاح فى موسم الربيع فى كثير من أمراض الحساسية، وذلك نتيجة لتفتح الأزهار وإنتشار حبوب اللقاح . كثير من أنواع تلك الحبوب ذات حواف متدرنة أومسننة (شكل 2) وتحدث تهيجا للأغشية المخاطية المبطنة للأنف والقصبة الهوائية والشعب الهوائية، كذلك فإنها قد تحدث تهيجا للعيون . يحدث تلوث طبيعى أيضا ، بفعل الأعاصير والعواصف الترابية التى تهب وتزداد فى بعض فصول السنة ، وكذلك من البراكين التى تثور مخرجه الحمم وكثير من الغازات الملوثة للجو (شكل49) .

إضافة إلى الملوثات الطبيعية التى لا دخل ولا إرادة لنا فى حدوثها، فإن هناك ملوثات أخرى تضاف إلى جو الأرض ، بفعل نشاطات الإنسان والتقدم التكنولوجى الكبير الذى ساهم فى تغيير أنماط الحياة ، وإبتعد بها عن الحياة الطبيعية إلى حياة صناعية ، وتسبب فى نفس الوقت فى ظهور ملوثات عديدة لم يكن لها وجود خلال حياة أجيال سابقة ... الزيادة المطردة فى أعداد السكان مع زيادة التصنيع نتج عنهما عديد من الملوثات، دخل الكثير منها فى هوائنا الجوى .



شكل 2 : أنواع مختلفة من حبوب لقاح أزهار

لحسن الحظ فإن الشمس تقوم عاده بتسخين الجزء من الهواء الجوى المجاور لسطح الأرض ، فيرتفع الهواء الساخن إلى أعلى حاملا معه الملوثات ويحل محله هواء بارد قادم من أعلى . حركة الهواء الرأسية المرتبطة بالحرارة ، مع حركة هبوب الرياح تعمل على توزيع الملوثات وتمنع وصول تركيزاتها إلى درجة خطيرة. تظهر خطورة التلوث بوضوح عند سكون الهواء وبرودة سطح الأرض ، عندئذ يظهر عادة الدخان الضبابى المعروف بالضبخن smog . خلال ضبخن لندن فى ديسمبر سنة 1953 وصلت درجة التلوث فى الجو إلى أكثر من 1000 ميكرون * فى المتر المكعب وتسبب ذلك فى زيادة معدل الوفيات وخاصة الناتجة عن أمراض القلب والشرايين وأمراض التنفس ، فوصلت الوفيات أثناء حدوث الضبخن وفى الأسابيع القليلة التالية إلى حوالى 4000 حالة وفاة زيادة عن المعدل العادى للوفيات ، وكان معظم الزيادة بين كبار السن.

تعتبر عمليات حرق الوقود الحفرى بغرض الحصول على الطاقة الحرارية لتشغيل المحركات فى الصناعة ولتسيير وسائل النقل الميكانيكية وفى الحصول على الطاقة الكهربائية وفى الإستخدامات المنزلية للطهى والتدفئة المصدر الرئيسى لتلوث الهواء الجوى . عند إحتراق الوقود تتصاعد غازات أكاسيد الكربون والنتروجين والكبريت ، كما تنطلق بعض المعادن الثقيلة التى يحتويها رماد الوقود والتى تشمل الرصاص والكادميوم والنيكل والزرنيخ وكذلك عنصرى البريلليم والسلينيوم . يعتبر الغاز الطبيعى أقل أنواع الوقود الحفرى تلويثا للجو، يليه فى ذلك البترول ، وأكثرهم تلويثا هو الفحم . إضافة إلى الإنبعاثات السابقة الناتجة من حرق الوقود ، فإن آلات الديزل الرديئة الصيانة والمستخدمة فى بعض وسائل النقل تتسبب فى إنطلاق جسيمات صلبة دقيقة ذات آثار ضارة بالصحة كما أن إضافة مركب رابع إيثيل الرصاص إلى البنزين لتحسين إحتراقه زاد من تلوث الجو . ويرجع الضرر الشديد للتلوث الناتج من وسائل النقل إلى أنها تساعد على ظهور ملوثات أخرى كالأوزون الذى أصبح يمثل مشكلة صحية فى جو المدن .

* الميكرون micron ، وحدة قياس طولى تعادل جزء من ألف من المليمتر = 10^{-3} مم

فى السنين الأخيرة إزداد الطلب علــى وسـائل النقل الميكانيكيـة ، لنقل الأهـالى ومنتجات الصناعة وخاماتها والمنتجات الزراعية ومستلزمات إنتاجـها ومـا يتخلـف عن السكان والصناعات والتجارة من قمامة ومتطلبات البناء والتعمير ، ومـع زيـادة دخول الأفراد تزداد الحاجة إلى سيارات خاصة. وقد وجد أنه فى الثلاثين عامـا مـن 1965 حتى 1995 إزدادت معدلات السيارات بمعدل 3 % سنويا ، فوصلت أعداد مـا يجرى فى شوارع العـالم إلـى 700 مليـون سيارة سنة 1995 . وهذه الزيـادة تفـوق الزيادة السكانية ، فقد كانت أعداد السيارات 60 سيارة لكل 1000 شخص سـنه 1965 وأصبحت أعدادها أكثر من 140 سيارة لكل 1000 شخص سنة 1995 (شكل 3) .

إتجـهت كثير مـن الـدول فـى السـنوات الأخـيرة إلـى إنتـاج بـنزين خــالى مــن الرصاص ، وقد تعهدت الصين بأن تكون كافة مبيعاتها من البـنزين سـنة 2000 مـن النوع الخالى من الرصاص . وقد كان البـنزين المسـتخدم فى إدارة السـيارات حتـى سنين قليلة ماضية يحتوى على الرصــاص المضــاف ، أمـا الآن فحوالـى 25 % مـن إنتـاج البـنزين علـى مستوى العـالم يحتـوى علـى الرصـــاص والبـاقى خـــالى مـــن الرصاص. وفى دول أمريكا وأوربـا وفـى مصـر توجـد خطـط للتوسـع فـى إنتـاج البنزين الخالى من الرصاص ومع ذلك فإنه من المتوقع زيادة التلوث الجوى مستقبلا فى مدن الدول النامية نتيجة للزيادة العددية الكبيرة فى السكان وفى أعـداد السـيارات وفى معدلات التصنيع .

من الملوثات الهامة للهواء الجسيمات العالقة والتى تشمل الغبار * والأدخنة ** والضباب *** إضافة إلى الروائح والغازات الملوثة . وقد زاد الإهتمام فى السنوات الأخيرة بالجسيمات الدقيقة العالقة وخاصة ذات الأقطار التى تقل عن عشرة ميكرونات ، وبصفة خاصة حبيبيات الرصاص والنيكل والكادميوم والتى تنتج عن عوادم إحتراق الديزل والتى تتغلغل عميقا فى الرئة . كما يتلوث الهواء الجوى بمركبات هيدروكربونية مثل البنزين والبيوتلدين ومركبات طيارة عضوية أخرى ثانوية نتيجة تفاعلات كيميائية تحدث فى الجو مثل الأوزون الذى يتكون نتيجة تفاعل بين الأكاسيد النتروجينية والمركبات الهيدروكربونية فى وجود ضوء الشمس، هذا بالإضافة إلى الغازات الناتجة عن إحتراق الوقود.

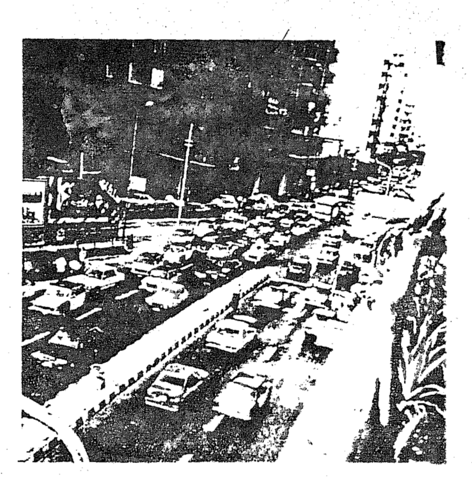
فى دراسات أجريت سنه 1992 شملت 17 مدينة كبرى فى دول متقدمة وأخرى نامية ، وجد أنه في الدول المتقدمة يزداد التلوث بالأوزون وبالأكاسيد النتروجينية ، بينما فى الدول النامية تزداد معدلات التلوث بالجسيمات الدقيقة العالقة وبغاز ثانى أكسيد الكبريت وكذلك بالأكاسيد النتروجينية والأوزون والمركبات الهيدروكربونية الناتجة عن عدم الإحتراق الكامل لبترول السيارات نظرا لعدم كفاءة محركات السيارات لقدمها وسوء صيانتها ولبطء حركة المرور لضيق الطرق وإزدحامها. وفى كثير من الدول النامية يتم التخلص من جزء كبير من قمامتها بالحريق ، الذى يزيد بالتالى من تلوث الهواء الجوى ، إذ يحتوى ناتج حريق القمامة على مركبات ومواد خطرة مثل الديوكسان والفيوران والكلوروبنزين والكلوروفينول ومركبات ثنائى الفينيل عديد الكلور وعناصر ثقيلة منها الرصاص والزئبق والكادميوم والكروم والكوبالت وغيرها

* الغبار ، المواد الصلبة العالقة والتى تزيد فى أقطارها عن ميكرون واحد.

** الأدخنة ، المواد الصلبة العالقة والتى تقل فى أقطارها عن ميكرون واحد .

*** الضباب ، المواد السائلة العالقة فى الجو .

فى أحد الدراسات وجد أن النشاط الإنسانى ينتج عنه بطرق مباشرة أو بطرق غير مباشرة حوالى 30 % مما يحمله الجو من جسيمات عالقة ذات أقطار تقل عن 9 ميكرون. مثل هذه المواد العالقة ليس من المتيسر سقوطها، إذ أنها تبقى عالقة بالجو لمدد طويلة ، وتقدر حمولة الجو منها فى أى وقت بما يعادل 40 مليون طن . تعمل هذه الجسيمات على إنعكاس الأشعة الشمسية، وبالتالى فإنها تعمل على برودة الجو. ينعكس الأثر الحرارى للجسيمات فى الأراضى المغطاة بالجليد عندما تعلوها مواد عالقة رمادية اللون ، حيث تمتص المواد العالقة فى هذه الحالة حرارة أشعة الشمس ولا تعكسها ، وبالتالى فإنها تعمل على تدفئة الجو، ويحدث نفس الشيء عند وجود الجسيمات العالقة فوق السحاب الذى يعمل كخلفية بيضاء للأتربة العالقة فوق السحاب.



شكل 3 : تزاحم مرورى



شكل 4 : حرق القمامة فى مناطق سكنية

قد يحدث تلوث للهواء الجوى نتيجة لأخطاء إنسانية كأن يكون الخطأ فى التصميم ، كما حدث فى مصنع المبيدات بمدينة بوبال Bhopal بالهند سنه 1984 والذى نتج عنه تسرب مادة أيزوسيانات الميثيل methylisocyanate الشديد السمية ، أو كما حدث فى تشرنوبل Chernobyl بالإتحاد السوفيتى سابقا سنه 1986 عندما تسرب إشعاع خطير من محطة كهرباء تعمل بالطاقة الذرية ، وقد تؤدى بعض الأخطاء والتجاوزات إلى حوادث سيارات محملة بمواد خطيرة كالبنزين وأسطوانات الغاز الطبيعى وأسطوانات الكلور وغير ذلك . قد يحدث التلوث الجوى عن عمد ، ويحدث ذلك فى حالات الحروب وطلقات الرصاص وتفجير القنابل

يتبعها دائما تصاعد غازات ضارة ، لكن حالات التلوث الجوى الواسع النطاق يحدث عند إستخدام الغازات السامة أو القنابل النووية أوفى حالة الحروب الميكروبية ، نواتج كل ذلك تدمير شامل للبيئة ... ملوثات للجو متعمدة لقتل الأعداء جنودا ومدنيين . وفى هذا المجال نذكر ما قامت به القوات العراقية قبيل الإنتهاء من حرب الخليج سنة 1991 وأثناء إنسحابها من الكويت من تدمير وإشعال للنار فى مئات من آبار البترول ومنشآتها بالكويت . وقد قدر ما أشعل بحوالى تسعة ملايين برميل من خام الزيت المخزن ونواتج التكرير والتى أشعلت فى الحال. إستمر الحريق بعد ذلك لحوالى ستة ملايين برميل زيت وحوالى مائة مليون متر مكعب غاز طبيعى يوميا فى المبدأ ، إلى أن تم الإطفاء كلية بعد حوالى عشرة أشهر. قدر الإنبعاث اليومى فى الجو خلال فتره الحريق من غاز ثانى أكسيد الكبريت بحوالى 6000 إلى 65000 طن ، ومن الأكاسيد النتروجينية بحوالى 500 إلى 3000 طن. وقد نتج عن هذا الحريق الهائل تكون دخان كثيف أسود اللون وفى بعض الأحيان عند إرتفاع رطوبة الجو يكون الدخان أبيضا . إرتفع الدخان فى الجو إلى إرتفاع يقرب من ثلاثة كيلومترات وبقطر يصل إلى حوالى خمسة عشر كيلومترا، مما تسبب فى إنخفاض مدى الرؤية كثيرا وإختفت معه زرقة السماء . وعند هبوب الرياح كانت سحابة الدخان الكثيف تنتقل إلى دول أخرى ، وقد وصل بعضها إلى جبال الهيمالايا حيث سقطت هناك مع سقوط الجليد .

عموما فإن ملوثات الهواء الجوى لا تلبث أن تتساقط بعد فترة على الماء أو التراب أو الغذاء فتصبح عندئذ من ملوثات الماء أو التراب أو الغذاء .

من المعروف منذ زمن بعيد ، أن الرئتين تعتبران هدفا هاما لعوامل البيئة المتغيرة ، حتى دون وجود ملوثات . الإنتقال الفجائى من جو دافئ إلى جو بارد يعرض الإنسان لأمراض الجهاز التنفسى ، خاصة إذا ما إجتمع التقلب المناخى مع وجود ملوثات بالجو . وقد قدرت أعداد الوفيات الناتجة عن إلتهابات فى الجهاز

التنفسى الحادة والمزمنة والمتسببة عن تلوث الهواء الجوى بحوالى ثلاثة ملايين شخص على مستوى العالم سنوياً، منهم 2.8 مليون شخص يموتون نتيجة التلوث المنزلى وبخاصة فى الدول النامية . وقد وجد أن حالات الدخول لمستشفيات الأمراض الصدرية تزداد مع وجود إرتفاع فى معدلات الأوزون بالجو ، حيث تزداد الأزمات الربوية. كذلك فإن التعرض بكثافة لغاز ثانى أكسيد النتروجين يؤثر تأثيراً ضاراً حتى على الأصحاء ، ويزداد الأثر الضار له عند من لديهم متاعب فى الرئة. أما التعرض لغاز ثانى أكسيد الكبريت فإنه يتسبب فى إحداث خلل بوظائف الرئة تظهر فى حدوث مقاومة لحركة الهواء أثناء التنفس يتضح فى ضيق تنفس وتصفير عند مرور الهواء .

تمثل أمراض الجهاز التنفسى ثلث الأمراض المهنية والتى تقدر بحوالى 50 مليون حالة على مستوى العالم. وتعتبر أمراض تغير الرئة pneumoconiosis من الأمراض السائدة فى المهن التى ينتج عنها غبار. من ذلك أمراض داء السليكا silicosis الناتج عن التعرض لبلورات السليكا وداء الأسبستس asbestosis الناتج عن التعرض لألياف الأسبستس وتصل الإصابة بأى منها لحوالى20 % إلى 30 % بين العاملين المعرضين لغبار أى منهما ، وهما من الأمراض الغير قابلة للشفاء ، وتعتبر بلورات السليكا وألياف الأسبستس من المسرطنات. كذلك فإن العاملين فى صناعة النسيج معرضون لمرض السحار القطنى byssinosis ، والعاملين فى الزراعة معرضون للإصابة بمرض الرئة السوداء black lung disease .

التعرض المستمر لمواد مهيجة كثيرا ما يتسبب فى أمراض حادة أو مزمنة للجهاز التنفسى ، من ذلك الكلور والفورمالدهيد وأكاسيد نتروجينية وثانى أكسيد الكبريت ، وجميعها تحدث حالات من تفاعلات الحساسية والتى تشمل الربو والأرتكاريا .

جـــدول (1) : بعض أمراض الجهـاز التنفسى المهنيـــة
الناتجة عن تلوثات خاصة بهواء جهة العمل

المــــرض		ملوثات الهواء
سرطان الأنف	Nasal cancer	تراب الخشب – كروم – نيكل
سرطان الحلقوم	Oropharyngeal cancer	أسبستس
سرطان الحنجرة	Laryngeal cancer	أسبستس
سرطان غشاء الرئة	Pleura cancer	أسبستس
سرطان برشيمى	Parenchyma cancer	أسبستس – نيكل –زرنيخ – يورانيوم
إلتهاب رئوى	Pneumonitis	كادميوم – كلور – أكاسيد نتروجينية
إلتهاب شعبى مزمن	Chronic bronchitis	أتربة
تغبر الرئة (سحار)	Pneumoconiosis	سليكا – أسبستس – بريللم – غبار القطن غبار الحبوب
إستسقاء رئوى	Pulmory oedema	كادميوم – كلور – أكاسيد نتروجينية
إستسقاء	Oedema	أمونيا
تشنج حلقى	Laryngeal spasm	أمونيا
تثقب الأنف	Nasal perforation	كروم
تليف غشاء الرئة	Pleura fibrosis	أسبستس
انصباب غشاء الرئة	Pleura effusion	أسبستس
حساسـية الحويصـــلات الرئوية	Allergic alveotis	بروتينات حيوانية – أكاسيد نتروجينية
ربــــو	Asthma	بروتينـات حيوانيـة - تـراب خشـب - أيزوسيانات
تـهيج الجـهاز التنفسـى العلوى	Upper airway irrilation	فورمالدهيد - أمونيا

التعرض لبعض المعادن فى الجـو مثـل النيكـل و الكـادميوم و الـبريللم ومركبـات الكروم قد تسبب عنها أمراض فى الجهاز التنفسى . وقد ثبت أن مئات الملايين من النساء فى الدول النامية معرضات لمستويات عليا من التلوث الـهوائى أثنـاء الطـهى على مواقد تشعل بالأحطاب ومخلفات الحيوان، خاصة عندما يتم ذلـك فـى الأمـاكن الداخلية الفقيرة التهوية . وتظهر الآثار الجانبية المرضية للتعرض للتلـوث الـهوائى واضحة عند الكبر فى السن .

التدخين يعتبر من أخطر ملوثات الجو، فعادم التدخين الذى يبث فى الجو يحتوى على العديد من المركبات الكيميائية الضارة بصحة الإنسان والتـى تظـهر أضرارهـا بوضوح على المقيمين فى نفس المكان مع المدخنين، ويعتبر جميع هؤلاء الأشخاص من المدخنين سلبيا ، أمـا المدخـن نفسـه فقد جمـع بيـن التدخيـن الإيجـابى والتدخيـن السلبى فهو يدخن إيجابيا عندمـا يدفـع دخـان سيجارته بشدة داخل جـهازه التنفسـى ويدخن سلبيا عندما يتنفس حيث تدخل ملوثات التدخيـن التـى فـى الجـو المحيـط إلـى رئتيه مع هواء الشهيق . قدرت أعداد الملوثات الغازية والصلبة الناتجة عن التدخين فوجد أنـها تزيـد عـن 4700 مكـون ، الكثـير منـها يعتـبر مـواد مسـرطنة مثـل البنزوبيرينـات والبنزانثرين والبعض يعتـبر مـن السـموم وتشـمل الفورمـالدهيد والبنزين والنيكوتين والنتروأمينـات وأول أكسـيد الكربـون والجسيمات الدقيقـة مـن الهباب.

ترتبط أمراض القلب والشرايين بالتدخين ، فالتدخين يعتـبر أهـم مسبب لوفيـات أمراض القلب والشرايين على مستوى العالم ، فحوالـى 12% مـن تلـك الوفيـات فـى الـدول المتقدمـة وحوالـى 42 % فـى الـدول الإشـتراكية سـابقا بأوروبـا ترجـع إلـى التدخين. تزداد الوفيات الناتجة عن التدخين عاما بعـد آخـر : ففـى سـنه 1955 كـانت الوفيات الناتجة عـن التدخيـن فـى الـدول المتقدمـة 750 ألـف شـخص ، إزدادت إلـى مليونـى شخص سنة 1995 ، ومن المتوقع أن يصل هذا العدد إلى 10 مليون شخص





شكل 5 : التدخين بداية سعيدة ونهاية حزينة

سنة 2030 على مستوى العالم ، منهم 7 مليون شخص فى الدول النامية. فى الدول النامية إزداد إستهلاك السجائر أكثر من 40 % خلال عشرين عاما ، كما إزداد أيضا فى المناطق النامية الأخرى من العالم . يتسبب التدخين فى إرتفاع مستوى كوليسترول الدم ويؤدى إلى حدوث توتر زائد ، كما أنه يزيد من الوفيات الناتجة عن أمراض القلب المزمنة .

التعرض المستمر للتدخين السلبى يزيد من وفيات سرطان الرئة بنسبة 20 إلى 30 % ،إضافة إلى تلك الناتجة عن أمراض القلب وأمراض التنفس وتفاعلات الوظائف الرئوية فى الكبار والعدوى الحادة للجهاز التنفسى فى الصغار ، فمن المعروف أن أطفال الآباء المدخنين وخاصة فى السنة الأولى من أعمارهم يقاسون أكثر من غيرهم من الإلتهاب الرئوى والتهاب القصبات الهوائية والربو، ذلك أن الأطفال الصغار يتنفسون أسرع من الكبار، لذلك فهم أكثر عرضة من الكبار لكافة ملوثات الجو . يعتقد بعض العلماء أن تدخين غير المدخن سلبيا يتسبب عنه أضرارا خطيرة ، ذلك إن المدخن قد يتكيف بمرور الزمن مع أضرار التدخين ، أما المدخن السلبى فدفاعاته ضد التدخين تكون أضعف. وقد قدرت وفيات التدخين السلبى فى الولايات المتحدة الأمريكية سنة 1995 بحوالى 37000 حالة .

الملوثات البيولوجية للهواء الجوى تشمل كثير من مسببات الأمراض التى تصيب الإنسان والحيوان والنبات ، من فيروسات وبكتيريات وفطريات وبروتوزوا وغيرها والتى تحمل على الهواء مباشرة أو على الغبار العالق فى الهواء. من ملوثات الهواء البيولوجية التى تصيب الإنسان البكتريات الكروية المسببة لأمراض الإلتهاب الرئوى والإلتهاب السحائى وإلتهاب الأذن الوسطى والجيوب الأنفية ، كما تشمل البكتريات العصوية المسببة لأمراض السل والجمرة الخبيثة ؛ ومن جراثيم الفطريات تلك المسببة لقشرة الرأس ، وتشمل الفيروسات مسببات الأنفلونزا وشلل

الأطفال والحمى القلاعية . تساعد الملوثات الكيميائية الموجودة بالجو على إضعاف مقاومة العوائل وجعلهم أكثر قابلية للإصابة بالميكروبات .

إستخدمت الأشعة فوق البنفسجية وبعض المواد الكيميائية فى تطهير الجو ضد ما به من ميكروبات ، وخاصة فى تطهير جو حجرات العمليات الجراحية بالمستشفيات ، كما إستخدمت فى تطهير الهواء المار خلال أجهزة التكييف . ومن المواد الكيميائية المطهرة المستخدمة لتطهير الجو مركب ثالث أيثيل الجليكول triethylene glycol وفوق أكسيد الأيدروجين، حيث توضع المادة الكيميائية فى مرشح من القطن أو القطن الزجاجى توضع فى طريق مرور الهواء .

المياه العذبة وتلوثها

عندما يشخص رجال الفضاء بأبصارهم إلى الأرض ، من الفضاء الخارجي، فإنهم يرونها كأنها كوكب من المياه الزرقاء ، ذلك الخداع البصري يرجع إلى كون الماء يغطي ما يزيد عن 70% من سطح الأرض. حجم هذا الماء يقدر بحوالى 1360 مليون كيلومتر مكعب ، معظمه مالح وقليله عذب . القليل من الماء العذب والذى يقدر بحوالى تسعه ملايين كيلو متر مكعب هو المتاح إستخدامه لسكان اليابسة. يجرى هذا الماء أنهاراً أو يملأ بعض منخفضات الأرض بحيراتاً أو يغوص فى باطن الأرض مكوناً المياه الجوفية . هذا الماء العذب المحدود هو الماء الذى تعتمد عليها حياتنا الأرضية ، منه نرتوى ومنه نسقى حيواناتنا ومنه نروى زراعاتنا.

﴿ وجعلنا من الماء كل شيء حي ﴾*

يمثل الماء العذب ضرورة من ضروريات الحياة ، حيث يحتاج الإنسان منه لشربه وغذائه إلى حوالى 2-3 لتر يوميا ، هذا بخلاف ما يحتاجه منه للنظافة والإستحمام وللزراعة ولتربية الحيوان ولتنظيف السيارات وخلافه ، بما يقدر معه الإحتياج اليومى الكلى للفرد بحوالى 1000 لتر .

كان الماء العذب ضرورة ملحة لقيام الحضارات القديمة ، ظهر ذلك على ضفاف النيل منذ أكثر من خمسة آلاف عام ، كما ظهر على ضفاف دجلة والفرات. وبوجه عام فإن ظهور مختلف الحضارات إرتبط بالإطار الجغرافى العام المتوافق مع إنتشار وتوزيع المياه العذبة فى العالم .

---

* الأنبياء ، 30

تأتينا المياه العذبة من الأمطار التى تحمل معها فى الفترة الأولى من سقوطها بعض ما فى الجو من شوائب عالقة وبعض ما تذيبه من غازات بالجو ، إلا أنها بعد فترة قصيرة من غسيلها للجو ، تصبح المياه المتساقطة نقية تكاد تكون مقطرة، إلا فى حالات العواصف الرعدية حيث تحتوى مياه المطر على قليل من أكاسيد نتروجينية تنتج عن إتحاد غازى الهواء الرئيسين ؛ النتروجين والأكسوجين بفعل شرارات البرق . بعد سقوط الأمطار بغزارة قد تجرى المياه سيولاً ، وقد تتحول السيول إلى روافد ، وقد تتقابل الروافد وتصبح أنهاراً ، تكون مياهها نقية فى المبدأ ، إلا أنها أثناء سيرها تذيب بعض أملاح التربة فتعطيها عذوبة ، كما تحمل معها طمياً ينتج عن فتات التربة المنقولة . وعادة تنشأ على جوانب الأنهار تجمعات سكانية ، قرى أو مدن . كثيراً من سكان تلك القرى والمدن يستخدمون الأنهار مباشرة فى الاستحمام وغسيل ملابسهم وتنظيف أدوات طعامهم وقد يقومون بإنزال خيولهم ومواشيهم فى مياه النهر لتنظيفها مما يعلق بها (أشكال 6،7،8) وقد تصب فيها مياه الصرف الصحى لتلك المدن وكذلك صرفها الزراعى والصناعى ، إما مباشرة أو خلال رشح المياه ، محدثة تلوثاً لمياه النهر * ، ولهذا نلاحظ أن معدلات تلوث الأنهار تكون قليلة قرب المنبع وتزداد تدريجياً أثناء سيرها ناحية المصب .

إعتمد الإنسان كثيرا على المياه الجارية فى تصريف مخلفاته ، وكان الماء قادرا على تنظيف نفسه مما يحمله من شوائب ، لكن مع الزيادة الكبيرة فى أعداد الإنسان، ومع التوسع فى إقامة القناطر والسدود لحجز المياه ، وإقامة محطات توليد الكهرباء التى تعتمد على جريان الماء وغيرها من المشاريع كإدارة الطواحين ، كل ذلك قلل من حركة مياه الأنهار وأضعف بالتالى من قدرة الماء على التخلص من حمولته الزائدة من الملوثات .

---

* التلوث المائى ، كما جاء فى قانون البيئة المصرى رقم 4 لسنة 1994 ، هو إدخال أى مواد أو طاقة فى البيئة المائية بطريقة إرادية أو غير إرادية مباشرة أو غير مباشرة ينتج عنه ضرر بالموارد الحية أو يهدد صحة الإنسان أو يعوق الأنشطة المائية بما فى ذلك صيد الأسماك والأنشطة السياحية أو يفسد صلاحية مياه البحر للإستعمال أو ينقص من التمتع بها أو يغير من خواصها .

وكما تعتبر الزراعة أكبر مستهلك للمياه فإنها كذلك تعتبر أكبر ملوث للماء ، فالماء الذى يستخدم للرى ، يتسرب ما يفيض منه فى التربة ، فيتصل بالمياه الجوفية، وقد يعود ثانية لمجرى الماء . هذا الماء أقل جودة من ماء الرى ، ذلك بما حمله معه من أملاح ومغذيات نباتية ومسببات أمراض حية ، إضافة إلى كونه أقل حمولة للأكسوجين الذائب وأكثر حرارة من ماء الرى . قلة الأكسوجين الذائبة بهذا الماء تضر بالحياة المائية . ملوثات الصرف الزراعى تشمل فائض المواد السمادية



شكل 6 : غسيل الأوانى على شاطئ البحر

والمبيدات . تشمل المواد السمادية أملاح النترات والتى يختزل بعضها إلى نتريتات، إضافة إلى المركبات الفوسفاتية ، وجميعها تمثل خطورة على الإنسان إذا وصلته مع ماء الشرب وإزالتها من الماء مكلفة . لهذا فإن الوقاية منها يجب أن تبدأ مع العمليات الزراعية ، ذلك بأن نعطى الأسمدة بالقدر المطلوب دون زيادة . بالنسبة للمبيدات فإن الماء الأرضى عرضة للتلوث به ، فمن المبيدات المتحركة فى ماء التربة من الممكن أن نجد مركبات ألاكلور alachlor وأترازين atrazine وبنتازون bentazone وكربوفيوران carbofuran ، وبعض تلك المبيدات ذات تأثير مسرطن. وحالياً نجد أن معظم المياه الجوفية القريبة من الأراضى الزراعية تحتوى على ما يزيد عن الحد الأقصى المسموح به من المبيدات .

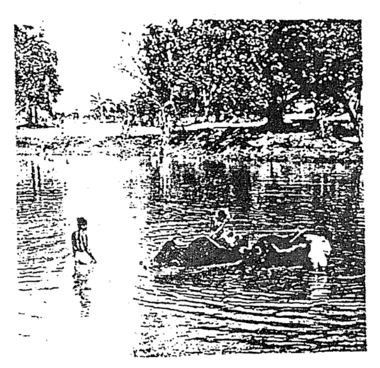
قيام الصناعات المختلفة بالقرب من مصادر المياه وصرفها لمخلفاتها فى مجارى المياه أو قريباً منها تساهم بدور فعال فى تلويث الماء تلويثاً كيمائياً ، وتختلف نوعية تلك الملوثات من صناعة إلى أخرى . بعض الملوثات الصناعية قد



شكل 7 : يعيشون فى النهر ، يجففون ملابسهم بعد أن غسلوها

تسبب فى زيادة حموصة الماء الأرضى ، وزيادة حموضة الماء تساعد على زيادة ذوبان أملاح التربة . وقد ظهرت مشاكل حموضة المياه السطحية فى أوربا وأمريكا الشمالية بوضوح ، فإن إنتقال مياه التربة الحامضية بما تحمله تلك المياه من أملاح يلوث مياه الأنهار ويزيد من حموضتها .

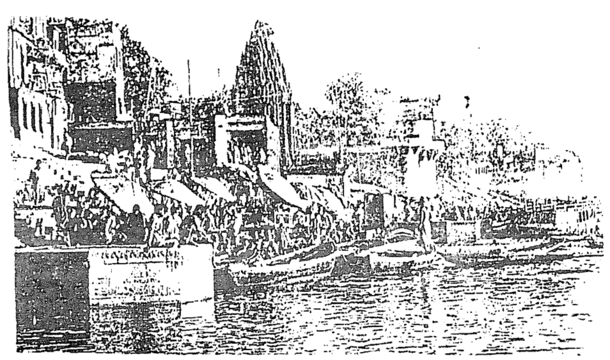
لا تزال مشكلة تلوث الماء الناتج عن الصرف الزراعى والصحى والصناعى تؤثر على الماء الجارى ، وبالتالى على مياه الشرب لدرجة أن مياه كثير من أنهار العالم أصبحت لا تصلح حتى للإستخدام الصناعى ، فمثلاً نجد أن حوالى 75% من مياه بولندة ملوثة بالكيماويات ومخلفات الصرف الصحى والزراعى لدرجة تعتبر معها هذه المياه غير صالحة للإستخدام . وعموماً فقد وجد أن حوالى 450 كيلو متر مكعب من مخلفات الصرف بأنواعه تدخل فى المجارى المائية ، على مستوى العالم، حيث تخفف بحوالى 6000 كيلو متر مكعب من الماء العذب . وقد وجد أن حوالى 90 % من مياه الصرف الصحى فى الدول النامية لا تعامل أية معاملة قبل



شكل 8 : حمام للماشية والإنسان بمجرى النهر فى آن واحد

صرفها فى البيئة ، وأن أكثر من بليون شخص لا يستخدمون ماء آمن مناسب. هذا وقد تحسن الوضع عن ذى قبل فقد كان العدد الذى لا يحصل على ماء آمن يقدر بحوالى 1600 مليون شخص سنة 1990 ثم إنخفض فى سنة 1994 إلى 1100 مليون شخص ، ومعظم هؤلاء من سكان المناطق الريفية .

نصف سكان الدول النامية تقريباً يشكون من مشاكل صحية مرتبطة بالماء ، فالكائنات الممرضة والملوثات المحمولة فى مياههم تقتل سنوياً حوالى 10- 25 مليون شخص يمثلون فى المتوسط ثلث الوفيات الكلية لتلك الشعوب ، وأهم الأمراض المتعلقة بالماء والتى تتسبب فى معظم الوفيات ، أمراض الملاريا والبلهارسيا والكوليرا والتيفود والدوسنتاريا. تصيب الملاريا ما يزيد عن 500 مليون شخص موزعين على أكثر من تسعين دولة ، وتزداد المشكلة تفاقماً عاماً بعد آخر نظراً لتدهور الأراضى وإزالة كثير من الغابات والتوسع الزراعى .



شكل 9 : إحدى المدن الواقعة على نهر الجانج بالهند
حيث تصب كثير من مدنها صرفها الصحى بها

بوجه عام نجد أن دول العالم النامى تعانى بشدة من تلـوث الميـاه والـذى يتسبب فى زيادة معدلات الوفيات ، فقد قدر أن أكـثر مـن 1700 مليـون شـخص ليس لديـهم موارد كافية من مياه الشرب الآمنة وأن ما يزيد عن ثلاثـة بليـون شـخص لا يتوافر لديهم وسائل الصرف الصحى المناسبة ، فمثلاً نجد أنه بالهند توجد 114 مدينة تفرغ الفضلات الآدمية دون معالجة فى نهـر الجانج مباشرة (شكل 9) . وطبقاً لدراسة عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة فقد قدرت الوفيات الناتجة عن الأمراض التى تحملها المياه فى الدول النامية ، بمتوسط 25 ألف شخص يومياً.

الدول النامية دول فقيرة وزراعية بدرجة كبيرة وتعانى من مشاكل التلوث المائى بالميكروبات والطفيليات ، فى حين أن الدول المتقدمـة دول غنيـة وصناعيـة بدرجـة كبيرة ولكنها بالنسبة للمياه فهى فى أغلب الأحوال تعانى من التلوث الكيميائى ، ومع ذلك فإن الدول المتقدمة لا تنجو من مشاكل التلوث الميكروبى الذى يصلها عـادة مـع الحركات السياحية الوافدة إليها ، حيث ظهرت حـالات وبائيـة فـى عـدة دول بأوربـا وأمريكـا الشــمالية ناتجــة عــن الإصابــة بــالبروتوزوا كريبتوســبوريديم *Cryptosporidium* . تـهاجم هـذه البروتوزوا الإنسـان وبعـض الحيوانـات وتنتقـل بالماء والغذاء وتوجد فى الألبان والمقانق .

من الملوثات الحية للماء البكتريا الواوية فبريو كوليرا *Vibrio cholera* مسببة مرض الكوليرا ، وأنواع من بكتريا سـالمونيللا *Salmonella* مسببة مـرض التيفـود ومرض الباراتيفود ، وبكتريا شيجيللا *Shiegella* مسببة الإسهال. ومن البروتوزوا إنتاميبا هيستوليتيكا *Entamoeba histolitica* مسببة الدوسـنتاريا والطفيـل المعـوى جيارديـا لامبيـا *Giardia lambia* سـبب داء الجيارديـات giardiasis الـذى يتمـيز بحدوث إسهال مع تقلص فـى العضـلات يصحبـه قـىء وغثيـان وفقد شـهية . ومـن الديدان التى قد تنتقل إلى الإنسان عن طريق بيضها أو يرقاتها التى توجـد فـى المـاء دودة شستوسوما *Schistosoma* مسببة مرض البلهارسيا والتى تستكمل دورة حياتـها على أنواع من القواقع التـى تعيش فـى الميـاه العذبـة لتصـل إلـى دور السـركاريا cercariae الذى يدخل جسـم الإنسـان خـلال الجلـد أو مـع ميـاه الشـرب (شـكل 41). البلهارسيا من أمراض المنـاطق الحـارة وتصيـب حوالـى 200 مليـون شـخص علـى

مستوى العالم . ومن الديدان ديدان الإسكارس *Ascaris* التى تحدث عدواها عن طريق البيض أو اليرقات التى قد توجد فى مياه الشرب أو على الأغذية المغسولة بمياه ملوثة .

ومن الفيروسات الملوثة للمياه العذبة مسببات أمراض الكبد الوبائى وشلل الأطفال . وقد لوحظ إزدياد حالات الإصابة بفيروسات الجهاز الهضمى خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء ؛ وقد قرر أحد علماء الفيروسات أن ما يزيد عن 80% من أطفال المناطق الحارة يحملون تلك الفيروسات ويعتبرون المصدر الرئيسى للتلوث بها . تستطيع فيروسات الجهاز الهضمى البقاء حية بالماء لمدة قد تصل إلى 70 يوم فى حالة مرض الكبد الوبائى ، وإلى أكثر من ذلك فى حالة فيروسات شلل الأطفال ، وتزداد المدد عن ذلك عند برودة الجو ، وتقل حيوية هذه الفيروسات كثيراً إذا وصلت إلى مياه البحر.

كثير من ملوثات الماء تدخل إلى جسم الإنسان إما مباشرة عن طريق شرب الماء الملوث أو إستخدام هذا الماء فى غسيل وتحضير الطعام ، أو تدخل الملوثات عن طريق التغذية على أحياء تعيش فى الماء الملوث أو تتغذى على أحياء مائية ملوثة.

جدول 2 : النسب المسموح بها لبعض المبيدات فى ماء الشرب

المبيـــــد	المسموح به فى ماء الشرب ملجم / لتر	المسموح بتناوله يومياً ملجم/ كجم وزن جسم
هكسا كلورروبنزين	0.00001	--
الدرين- ديلورين	0.00003	0.0001
هبتاكلور	0.0001	0.0005
DDT	0.001	0.005
لندين	0.003	0.01
ميثو كسيكلور	0.03	0.1
2.4 -D	0.1	0.3

تدل التقارير على أن أكثر من 100,000 مركب صناعى تجد طريقها إلى البيئات المائية ، وأنها تتجمع خلال سلسلة الغذاء ، وأخطرها الملوثات العضوية الثابتة ، وأكثر تلك الكيماويات خطورة أثنى عشر مركبا معظمها من المبيدات ، وجميعها ذات قابلية عالية للذوبان فى الدهون ولذلك فهى تخزن فى شحوم الكائنات الحية مؤثرة على الصحة ومقللة من فاعلية المركبات الستيرويدية steroids كالهرمونات ، ومُعظمها حافزة لأمراض السرطان وبعضها يسبب نقصا فى الحيوانات المنوية للرجال تصل إلى 50% . وهذه المركبات الأشد خطورة هى ، الديوكسينات dioxins والفيورانات furans والكلوردين chlordane والهبتاكلور heptachlor وثنائى فينيل عديد الكلور Polychlorinated biphenyls (PCB_S) والمبيد DDT وسادس كلوروبنزين hexachlorobenzene (HCB) والدرين aldrin وديالدرين dieldrin وأندرين endrine وتوكسافين toxaphene وميركس mirex .

وبوجه عام يمكن تقسيم المواد الضارة المحتمل وجودها فى الماء إلى ما يأتى :-

1 - معادن وأملاحها وتشمل الزرنيخ والرصاص والكادميوم والزئبق والسلينيم .

2 - منتجات هيدروكربونية ناتجة من حرق الوقود وعمليات تكرير البترول.

3 - كيماويات زراعية وتشمل الأسمدة المصنعة والمبيدات .

4 - كيماويات صناعية ، ويمكن تقسيمها إلى :

أ) لدائن مثل مركبات النايلون والتفلون والداكرون والأكريلك.

ب) مذيبات مثل البنزين المكلور chlorinated benzene.

جـ) شموع ومنها البارافينات المكلورة chlorinated paraffins.

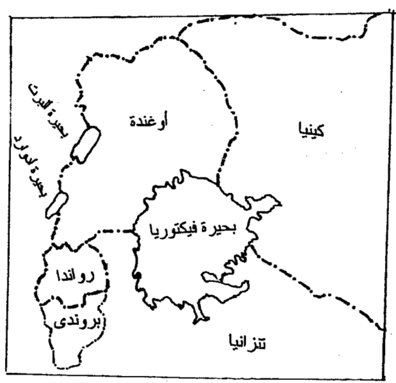
د) منوعات أخرى ومنها PCB_S وتستخدم فى المحولات الكهربائية.

5 – مواد مشعة وتنشأ عن المخلفات النووية والأسلحة النووية .

6 – منتوعات وتشمل الكلور والأمونيا.

تأثرت أحياء الماء فى كثير من الأنهار والبحيرات بالتلوثات الحادثة بـها ونذكر من ذلك بعض الأمثلة :

1 - نهر الراين الذى يعتبر من أكبر أنـهار أوروبـا ويجرى من جبـال الألـب فـى سويسرا بطول 1320 كيلو مـتر مـارا بفرنسـا وألمانيـا وهولنـده ثـم يصـب فـى بحـر الشمال . يمر النهر فى أكثر بلاد أوروبا إزدحاما بالسكان وأكثرها تصنيعا . الإنتـاج الكيميائى منها يمثل 20% مـن الإنتـاج العـالمى . يمـد هـذا النـهر حوالـى 20 مليـون شخص بمياه الشرب . حاليا يعتبر نـهر الرايـن مـن أكـثر أنـهار أوروبـا تلوثـا حيـث توجد عليه ثلاثـة منـاطق صنـاعيـة ؛ بـازل السويسـرية حيـث الصناعـات الكيميائيـة والأدوية ، والرور بألمانيا حيث الصناعات الثقيلة ، وعند مصـب النـهر فـى هولنـده حيث صناعة تكرير البـترول والبتروكيماويـات . لـهذا كـان الإهتمـام الكبـير بتقليـل تلوث النهر ، ذلك أن التلـوث الشـديد للنـهر قـد تسـبب فـى إندثـار ثمانيـة أنـواع مـن الأسماك من مجموع أربع وأربعين نوعا ، ويعتقد أن خمسة وعشرين نوعـا آخريـن فى طريقهم للإندثار .



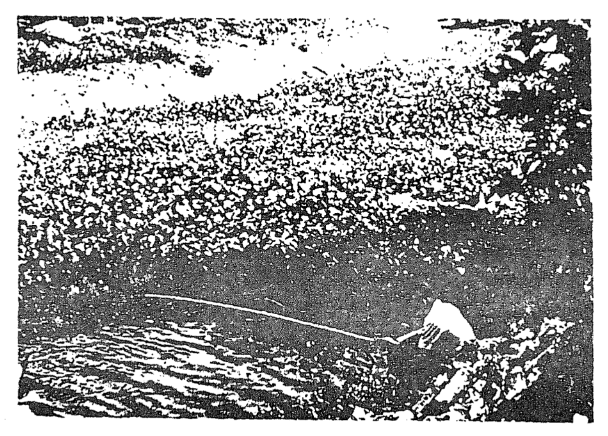
شكل 10: تلوث بحيرة فيكتوريا من الصرف الصحى والصناعى للدول المطلة على البحيرة ، كينيا وتنزانيا وأوغندا كما تلوثت من قتلى الحرب الأهلية فى رواندا خلال نهر كاجيرا

2 - بحيرة فكتوريا ، أكبر البحيرات العذبة فى العالم (شكل 10) ، مساحتها 69490 كيلو متر مربع ، وأحد منابع نهر النيل ، حدث لها تلوث بيولوجى بإدخال أنواع أسماك مفترسة غريبة عنها فى الخمسينيات من القرن الحالى ، ومن هذه الأسماك الدخيلة سمك البرش النيلى nile perch ، وقد أدى ذلك إلى إندثار أكثر من 55% من الأسماك المتوطنة ، ففى عام 1976 كان صيد الأنواع الدخيلة يمثل 0.5% من الصيد التجارى ، ثم وصل إلى 68% سنة 1983 . باقى أنواع الأسماك المتوطنة فى طريقها للانقراض.

جدول 3 : النسب المسموح بها لبعض المواد غير العضوية فى مياه الشرب

المادة	النسبة ملجم / لتر	المادة	النسبة ملجم / لتر
زئبق	0.001	زنك	5.0
كادميوم	0.005	مغنسيوم	150.0
سلينيم	0.01	كالسيوم	200.0
رصاص	0.05	صوديوم	200.0
زرنيخ	0.05	سيانيد	0.05
كروم	0.05	نتريت (N)	1.0
منجنيز	0.1	فلوريد	1.5
ألومنيوم	0.2	نترات (N)	10.0
حديد	0.3	كلوريد(Cl)	250.0
نحاس	1.0	كبريتات (SO_4)	400.0
مجموع المواد الصلبة الذائبة	1000		

التلوث البيولوجى الثانى لبحيرة فيكتوريا كان نباتيا ، فقد دخل إليها نبات ورد النيل water hyacinth والذى شوهد لأول مرة بالبحيرة سنة 1989 . إنتشر ورد النيل سريعا لعدم وجود أعداء طبيعية له ، فالنبات الواحد يمكنه بالتكاثر السريع أن يغطى مساحة مائة متر مربع خلال أشهر قليلة ، ويكون أثناء ذلك وسطا ملائما لتربية ناقلات بعض الأمراض كقواقع البلهارسيا ، ويساعد على إنتشار بعوض الملاريا . إنتقل ورد النيل بعد ذلك إلى نهر النيل وفروعه وسد قنوات الرى وسحب أكسوجين الماء فأضر بالحياة النهرية . تلوثت البحيرة أيضا بالصرف الصحى والصناعى من بعض مدن كينيا وتنزانيا وأوغندا ، وكذلك من الصرف الزراعى . وزاد الطين بلة ما حدث فى رواندا من قتل جماعى رهيب ، كان من ضحاياه 40,000 ضحية ألقيت وطفت جثثهم على الماء فى نهر كاجيرا خلال مايو 1994 .



شكل 11 : إنتشار نبات ورد النيل من بحيرة فيكتوريا إلى نهر النيل

3 - وصل التلوث فى بعض الأنهار بالبترول إلى درجة أصبحت معها تلك الأنهار قابلة للإشتعال ، ففى يولية سنة 1989 كان أحد عمال الزراعة بأوكرانيا يجمع فطر عيش الغراب بجوار نهر نورين ، وألقى بعقب سيجارة لازالت مشتعلة فى مياه النهر. . . سمع صوت فرقعة شديدة . . . إشتعلت النيران فوق سطح النهر . . . إستمرت النيران مشتعلة لمدة خمس ساعات ، فقد كان سطح النهر مغطى بطبقة رقيقة من البترول .

تنقية مياه الشرب

عند إستخدام مياه الأنهار كمصدر لمياه الشرب يجب العمل على إزالة جميع الشوائب العالقة والطافية بالماء ، ثم تطهيرها من الملوثات الممرضة للإنسان ويتم ذلك على مراحل كما يأتى :

1- الترويق : والغرض من هذه العملية تسهيل ترسيب المواد العالقة ، وذلك بإضافة مواد تعمل على تجميع المواد الصلبة العالقة حتى يسهل رسوها . تتسبب المواد الصلبة العالقة فى تعتيم لون الماء ، كما أنها تقوم بحماية البكتريا والفيروسات لإدمصاصها على سطوحها ، لهذا فإن عملية الترويق تؤدى إلى إزالة عتامة الماء والتخلص من كثير من الميكروبات .

من المروقات المستخدمة كبريتات الألومنيوم $[Al_2 (SO_4)_3]$ بمعدل 15-25 ملليجرام/ لتر. كذلك يمكن إستخدام كلوريد الحديد وكبريتات الحديد فى الترويق .

2- الترشيح : ويتم ذلك بتمرير الماء المروق خلال حبيبات الرمل ، وأحيانا خلال حبيبات فحم فى طبقة من المرشح سمكها حوالى 20 سنتيمتر ، حيث تحجز المواد الصلبة العالقة وكذلك الشوائب الطافية ، وعادة ما تتجمع أثناء الترشيح طبقة غشائية بيولوجية تساعد فى حجز الجزيئات المتناهية الصغر . ويمتاز الفحم كمرشح عن الرمل بقدرته على إزالة الطعم والرائحة من الماء . تساعد عمليتى الترويق والترشيح على إزالة معظم ما فى الماء من ملوثات بكتيرية وفيروسية .

وقد ثبت أن إزالة عسر الماء بإستخدام الجير المطفى[$Ca(OH)_2$] بتركيز 200-500 ملليجرام / لتر أزال من الماء حوالى 80% من فيروسات شلل الأطفال.
3- **التطهير** : والغرض منه إزالة ما تبقى من ميكروبات ، ويستخدم فى ذلك الكلور على نطاق واسع . تعتمد كفاءة الكلور على النسبة المستخدمة وعلى مدة بقائها فى الماء . الكلور له تأثير قوى قاتل على البكتريات وعلى بعض الفيروسات ، ويعتبر فيروس الإلتهاب الكبدى الوبائى ذو مقاومة شديدة للكلور ، وقد ثبت أن الكلور يؤثر على الغلاف البروتينى المغلف للفيروس وليس على الحمض النووى به .

يعتقد الكثير بأن معاملة المياه بالكلور فى حالة وجود مواد عضوية به ، تؤدى إلى تكوين مركبات عضوية مكلورة ، ففى حالة وجود فينول بالمياه فإنه يتحول فى وجود الكلور إلى أرثوكلوروفينول الذى يعطى للمياه طعما ورائحة غير مقبولتين، وقد تكون تلك المواد العضوية المكلورة ذات تأثيرات مسرطنة على الأشخاص الذين يشربون هذه المياه ، لكنه قد وجد أن أخطار الأمراض والموت المتسبب عن ميكروبات عند إستخدام مياه غير معاملة تزيد كثيرا عن إحتمالات الإصابات السرطانية بمقدار 100 إلى 1000 مرة أو تزيد .

يستخدم الأوزون أيضا ، والذى يتميز بأنه إضافة إلى تأثيره التطهيرى القوى فإنه يساعد على التخلص من الروائح غير المقبولة ، كما أنه مؤكسد قوى ، ففى حالة وجود عناصر ثقيلة ذائبة فإنه يساعد على ترسيبها بتحويلها إلى أكاسيد غير قابلة للذوبان مثل أكاسيد الرصاص والحديد والمنجنيز . كذلك فإن الأوزون يؤكسد المواد العضوية ويحولها إلى مركبات غير ضارة ، من ذلك أكسدته للفينول وإزالته لرائحة وطعم الفينول غير المستساغ . وتأثير الأوزون أقوى من تأثير الكلور على الفيروسات ، على أن يبقى فى الماء لمدة أربعة دقائق بمعدل 0.2 إلى 0.4 ملليجرام/لتر ، لكن يعيبه أنه لا يبقى فى شبكة التوزيع . يفضل الأوزون على الكلور فى حالة وجود نشادر ، ذلك أن تأثير الكلور التطهيرى يضعف فى حالة إحتواء المآء على نشادر .

تلوث مياه البحار والمحيطات

من الأوضاع العجيبة أن البحار والمحيطات التى بدأت فيها الحياة الأولى منذ بلايين السنين ، وإستمرت الحياة قاصرة عليها لمدة تصل إلى 90% من تاريخ الحياة على الكرة الأرضية ، أصبحت الحياة فيها مهددة الآن ، نتيجة لنشاط أحد سكان الكوكب الأرضى الذى يعيش فى اليابسة ؛ الإنسان الذى تكاثرت أعداده تكاثرا سريعا ، خاصة فى القرن العشرين ، أصبح هو المهدد للحياة البحرية ... زيادته الرهيبة وإستهلاكه المتصاعد وتوسعه الزراعى والصناعى والعمرانى وخاصة فى الأراضى الساحلية ، أدى إلى حدوث درجات من التدمير البيئى والتلوث الساحلى .

تبين من بعض الدراسات أن أكثر من نصف سكان العالم يعيشون فى القارات فى حدود 100 كيلومتر من السواحل ، كما تبين أن معدلات الزيادة السكانية فى المدن الساحلية تزيد عن معدلات الزيادة العالمية ، وأن أكثر المدن الجديدة تنشأ قريبا من السواحل . كذلك فقد وجد أن تسعة مدن من أكبر عشرة مدن فى العالم هى مدن ساحلية ، وأن المدن الساحلية تزداد فى الخلجان وعند مصبات الأنهار ، إذ أن تلك المناطق تتناسب مع إقامة الموانى ورسو السفن .

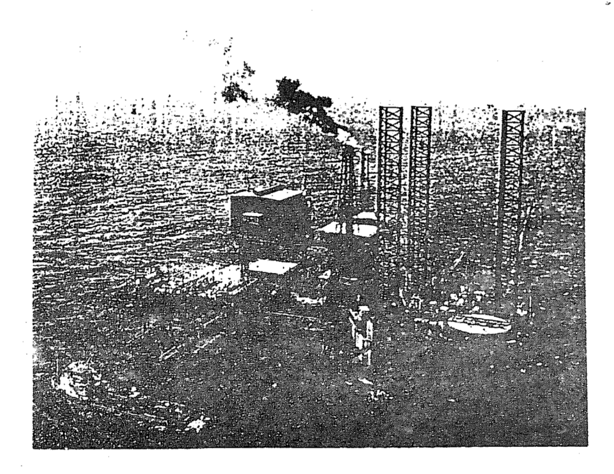
* يبدأ معظم التلوث فى مياه البحار والمحيطات من مياه الأنهار التى تصب فيها ، والتى عادة ما تكون محملة بنواتج الصرف الصحى والصناعى والزراعى للمدن والقرى التى تمر عليها ، وكذلك من الصرف المباشر للتجمعات السكانية والصناعية على البحار والمحيطات . وقد قدر إن مخلفات الصرف الصحى التى تنتج عن مجمع سكانى به مليون شخص يزيد عن 250 ألف متر مكعب يوميا ، وأن اللتر الواحد من هذه المياه تحتوى على 2 إلى 3 بليون ميكروب ، ولك أن تتصور مدى التلوث الميكروبى الحادث ، ومدى تأثير ما بتلك المياه من ميكروبات مرضية على القاطنين بالسواحل والمصطافين ، خاصة أن كثيرا من الميكروبات المرضية تلوث بعض

الكائنات البحرية التى قد تؤكل نيئة كبعض الأصداف والمحارات البحرية . نتيجة لهذا التلوث الميكروبى تتضح مدى الخطورة فى إنتقال ميكروبات الكوليرا والتيفود ومسببات الإسهال إلى الإنسان من المياه الساحلية لحوض البحر الأبيض المتوسط ، والذى يقطن سواحله حوالى 100 مليون شخص أى أن صرفهم الصحى يقدر بأكثر من 25 مليون متر مكعب يومياً ، والذى يصرف معظمه فى البحر ، وأن 33% من هذه المياه غير معاملة بتاتاً . فمن المعروف أن حوالى 120 مدينة مطلة على سواحل البحر الأبيض المتوسط تصب مياه صرفها الصحى دون معالجة أو بمعالجة مبدئية فقط فى مياه البحر . تجذب شواطئ البحر الأبيض المتوسط سنوياً من 100 مليون إلى 150 مليون سائح ، أى بما يعادل 35% من مجمل السياحة العالمية . لا تقتصر أضرار التلوث بالبحر الأبيض المتوسط ، وهو بحر شبه مغلق ، عن طريق النشاط الإنسانى بالأراضى الساحلية على الصرف الصحى ، بل يتعداه إلى الصرف الصناعى الناتج عن نشاط حوالى 150 ألف منشأة تصب مياهها فى البحر ، وتقدر مياه الصرف الصناعى التى تصب بالبحر بما يزيد عن مليون طن يومياً .

لو أردنا شن حرب على البحار والمحيطات لإحداث أكبر تدمير حيوى لها ، لوجهنا جل إهتماماتنا التدميرية ، وما نملكه من أسلحة دمار شامل إلى الشواطئ الساحلية حيث يحدث أكبر نشاط بيولوجى مكثف ، سواء فى الأراضى القريبة من الشاطئ أوفى المياه الساحلية . هذا ما يعمله الإنسان ... ليس عمداً بالطبع ، ولكن إزدحامه وتجمهره قرب السواحل ، حيث تتدفق إلى الشواطئ مخلفات المدن والصناعات والزراعات ... وحيث تتجمع السحب وتحمل بنفايات غازية وجسيمات دقيقة نتجت عن نشاطات الإنسان ... وحيث تصب الأمطار ومعها حمولاتها من الملوثات الناتجة عن غسيل الهواء .

وفى الماء ، قريباً من السواحل ، تأتى حاملات البترول متجهة إلى مراكز تحميل البترول وبخزاناتها حمولة توازن من ماء ملوث ببقايا بترول ، فتفرغ

حمولتها من ماء التوازن ، قبيل وصولها إلى ميناء التحميل ، فى ماء البحر إستعداداً لملئ خزاناتها بحمولة جديدة من البترول . وتقدر كمية ما يحتويه ماء التوازن من البترول بحوالى 1 إلى 1.5 % من حمولتها السابقة بالبترول . إضافة إلى التلوث البترولى الناتج عن تفريغ ماء التوازن فإن هناك تلوث آخر ناتج عن حفارات البترول وما يتسرب منها ، والتى يكثر إقامتها فى المياه قريباً من السواحل (شكل12) وكذلك التلوثات البحرية الناتجة عن حوادث ناقلات البترول ، والتسرب الطبيعى من وقود وزيوت البواخر وعوادم تشغيلها . وقد قدر ما يصل إلى المياه البحرية من مواد بترولية بما يتراوح ما بين 1 إلى 10 مليون طن سنويا، وأن حوالى ثلث هذه الكمية تلوث حوض البحر الأبيض المتوسط .



شكل 12 : حفار بترول مائى

مما سبق يتضح لنا مدى التلوث الحادث نتيجة للنشاط الإنسانى على السواحل البحرية ، ونتيجة لما ترسله الأنهار إلى البحار من حمولتها من مياه الصرف الصحى والصناعى والزراعى ، وما ينتج عن الإستخدام المباشر لمياه السواحل فى الإستحمام والنظافة والغسيل وإلقاء الفضلات . وزيادة عما سبق فإن التدمير الذى يحدث للبحار نتيجة ما تفعله بعض المدن من توسع فى مساحة أراضيها ناحية البحر بالردم . كل هذه التصرفات التى تحدث قرب السواحل البحرية تهدد بيئة البحار .

يحق لنا أن نتساءل . لماذا تكمن الخطورة على البحار والمحيطات من تصرفات الإنسان قرب الشواطئ ؟

بادئ ذى بدء ، نذكر أن المحيطات تمثل حوالى 71% من مساحة سطح الكرة الأرضية وأنها تحمل حوالى 97% من ماء الكوكب وحوالى عشرة آلاف ضعف حجم الماء العذب فى الأنهار والبحيرات. يقدر حجم ماء البحار والمحيطات بحوالى 1320 مليون كيلومتر مكعب ، وأن أحياء البحار تقطن حوالى 90% من المساحة المسكونة بالكرة الأرضية . يتزاحم سكان البحار والمحيطات ، من حيوانات ونباتات، قريبا من الشواطئ ، فى المساحات غير العميقة المحيطة بالقارات ، والمعروفة بالأرصفة القارية. تختلف مسافات إمتداد الرصيف القارى من موقع إلى آخر ، لكنه يمتد فى المتوسط حوالى 70 كيلومترا من السواحل ، وتمثل مساحاتها حوالى 10% من مساحة المحيطات . من مياه الأرصفة القارية نحصل على حوالى 20% من إنتاج المحيطات وبخاصة من الأسماك ، التى تمون سكان الأرض بأعلى معدل من البروتين ، حيث يمثل الصيد البحرى حوالى 16% من الإستهلاك العالمى من البروتين ، فمعظم سكان السواحل والجزر يعتمدون على الأسماك كمصدر أساسى للبروتين ، ففى آسيا وحدها تقدر أعداد من يعتمدون فى تغذيتهم على الأسماك كمصدر للبروتين يزيد عن بليون شخص .

سؤال آخر .

هل الحرب الموجهة إلى السواحل بأفعالنا والضارة بنا ، لا تتعدى آثارها المناطق الساحلية ؟

كلا وألف مرة كلا ، فما نوجهه من سموم إلى السواحل البحرية ينتقل منها إلى أعالى البحار فى أواسط المحيطات ، كما تنتقل تلك السموم إلى قطبى الكرة الأرضية ؛ الشمالى الجنوبى ، حيث يكاد ينعدم التواجد السكانى ، كما تنتقل السموم أيضا من الأسطح إلى الأعماق . التيارات المائية تقلب المياه من أسفل إلى أعلى ، ومن أعلى إلى أسفل ، كما أن هناك تيارات موسمية تحرك المياه فى إتجاهات مختلفة فتنتقل معها الملوثات التى يبعثها الإنسان إلى مختلف الإتجاهات.

لا تقتصر مهمة توزيع الملوثات فى مياه البحار والمحيطات على التيارات المائية، بل إن أحياء البحار تقوم بالتوزيع بكفاءة أفضل وسرعة أكبر ، فالطحالب وأحياء الماء الأخرى تأخذ الملوثات مباشرة مع ما تتناوله من ماء البحر ، وكثيرا ما تحتفظ بالملوث وتتخلص من الزيادة المائية فيزداد تركيز الملوث بها عن تركيزه فى الوسط المائى الذى تعيش فيه . فإذا تغذيت كائنات حيوانية بحرية عشبية التغذية على الطحالب الملوثة إزدادت نسبة الملوث بأجسامها عن نسبته فى الطحالب . وإذا تغذت كائنات حيوانية بحرية حيوانية التغذية على حيوانات بحرية ملوثة إنتقل الملوث إليها وإزدادت تركيزه بها ، فإذا تغذت طيور بحرية على الأحياء البحرية إنتقلت إليها المواد الملوثة وإزدادت تركيزاتها بها . وبتحركات الطيور والحيوانات البحرية وخاصة الأنواع المهاجرة منها تنتقل الملوثات فى طول البحار وعرضها ومن أسطحها إلى أعماقها .

تلويث البحار والمحيطات ليس قاصرا على المناطق الساحلية ، بل يمتد أيضا إلى أعالى البحار ، حيث الحركة الكثيفة للسفن المدنية والحربية ، الصغيرة والكبيرة والعملاقة ، خاصة حاملات البترول وما ينتج عن تحركاتها من عوادم وقود تشغيلها

ومن زيوت محركاتها التى تلقى فى تلك المياه ، إضافة إلى مخلفات بحاراتها وركابها من فضلات طعام وفضلات إخراج . فى السنين الأخيرة إزدادت حركة البواخر مع إزدياد التجارة العالمية ، وستزداد أكثر بعد تحرير التجارة العالمية.

من أخطر الملوثات البحرية ، المنتجات البترولية ، وخاصة فى المناطق التى تصب فيها مياه التوازن السابق الحديث عنها ، وما يصل إلى المياه عن طريق حوادث البواخر الحاملة للبترول ، حيث تلقى بأطنان من حمولتها فى الماء تاركة بقع زيتية كبيرة تضر بأحياء الماء ضررا بليغا وتلوث الشواطئ التى كانت أماكن إستجمام فأصبحت من كثرة ما برمالها من قطران مصدر إزعاج للمترددين عليها ، فعليهم بعد إستحمامهم فى الماء أن ينظفوا أنفسهم مما علق بأجسامهم من قطران، وغالبا ما يستخدمون ملوثا بتروليا آخر لإذابة القطران وإزالته ، وقد يكون الكيروسين أو البنزين مع ما لهما من أضرار صحية .

ومن أخطر حوادث التلوث البحرى بالبترول ما حدث فى الخليج العربى فى أوائل عام 1991 أثناء حرب الخليج من صب متعمد فى مياه الخليج قدرت كميته بحوالى 250 مليون جالون بترول ، وقد نتج عن ذلك تكون بقعة زيت عرضها حوالى خمسة كيلومترات وطولها حوالى ثلاثين كيلومترا ، مؤثرة تأثيرا ضارا على الحياة البحرية وعلى الطيور التى تعيش على الأحياء البحرية ، وتسببت ، حسب أحد التقديرات ، فى موت حوالى مليونين من الطيور.

ولا ننسى أن دول الخليج العربى تعتمد إعتمادا رئيسيا فى الحصول على ماء عذب عن طريق إزالة ملوحة ماء البحر . وقد أثر تلوث مياه الخليج بالبترول فى حرب الخليج على كفاءة عمليات إزالة الملوحة وعلى مواصفات الماء العذب الناتج. وقد سبق هذا التلوث البترولى بثمان سنوات فى عام 1983 ، حدوث تدفق سابق للبترول فى الخليج وكان هذا التدفق الملوث لمياه الخليج من البترول الإيرانى بسبب

عمليات عسكرية تمت فى الحرب العراقية الإيرانية نتج عنها تدفق حوالى نصف مليون برميل * بترول ، أى حوالى 79500 طن خلال مدة الثلاثة أشهر الأولى من بدء التدفق ، وإستمر التدفق ولكن بدرجة أقل لمدة ستة أشهر أخرى .

• تؤثر طبقة الزيت الطافية على الحياة البحرية نتيجة لتكوينها لطبقة عازلة فوق سطح الماء ، تمنع وصول أكسوجين الهواء الجوى إلى الماء ، فتضر بذلك الأحياء البحرية التى تحتاج إلى الأكسوجين لتنفسها . كذلك فإن طبقة الزيت تتأكسد بفعل أشعة الشمس وبعض الكائنات الدقيقة مستفيدة فى ذلك بالأكسوجين الذائب فى الماء ، فيزداد النقص فى أكسوجين الماء . أيضا فإن الزيت الطافى يحجب أشعة الشمس الضرورية لنمو العالقات النباتية ولتثبيتها لغاز ثانى أكسيد الكربون وتكوينها للمواد الكربوايدراتية ، والتى تعتبر الخطوة الأولى فى السلم الغذائى للأحياء البحرية . إضافة إلى ما سبق فإن الزيت الطافى يلوث الكائنات البحرية وأجنحة الطيور ويعوقها عن الحركة .

بعد فترة من طفو الزيت على أسطح الماء ، تتطاير بعض مكوناته ملوثة الهواء، فتزداد كثافة باقى مكونات الزيت ، فتتساقط نحو القاع ، ويلتصق بعضه بخياشيم وأجسام الأسماك وغيرها من الأحياء البحرية مما يضر بنشاطاتها الفسيولوجية. كذلك فإن بعض المكونات البترولية تذوب فى مياه البحر ثم تتجمع فى أجسام الأحياء البحرية ، وبعض تلك المكونات البترولية من المسببات الضارة بصحة الإنسان عند التغذية على الأحياء البحرية الملوثة بتلك المنتجات أو عند شرب المياه المحملة بها بعد إزالة ملوحتها.

تستخدم حاليا للتخلص من البقع الزيتية مواد مستحلبة ، ترش على بقع زيت البترول فتعمل على تفتيت البقع وتناثرها وإذابة بعضها ، فتتلاشى بفعل الأمواج والرياح ، وقد إتضح أن لتلك المستحلبات تأثيرات سامة على الأحياء البحرية ، وقد تزيد أضرارها عن ضرر البقع الزيتية .

---

* البرميل = 42 جالون أمريكى = 159 لتر .

تعتبر مياه البحر الأبيض المتوسط من أكثر المياه المالحة تلوثا ، ذلك أن هذا البحر يعتبر حوضا مائيا ، يكاد يكون مغلقا ، حيث يتصل فى جانبه الشرقى الجنوبى عن طريق قناة السويس ببحر آخر أكثر إنغلاقا هو البحر الأحمر ، كما يتصل من جانبه الغربى بالمحيط الأطلسى عن طريق مضيق جبل طارق ، وقد وجد أنه يحتاج إلى حوالى 80 سنة لتجديد مياهه. إضافة إلى ما سبق الحديث عنه من كثرة ما به من مدن ومنشآت صناعية وكثافة سكانية ، فإن هذا البحر تمر به معظم حاملات البترول الآتية من دول الخليج النفطية ومحملة بخمس نفط العالم .

•التلوث البحرى قد يكون آجلا وفتاكا ، ضرره لا يظهر فى الحال ، بل بعد مرور عشرات أو مئات ، وقد يصل إلى آلاف السنين ، إذا ما إعتبرت أعماق المحيطات مقلبا تلقى فيه النفايات المشعة المتخلفة عن إستخدامات الطاقة الإشعاعية فى الأغراض المدنيــة أو العسكرية ، وذلك بعد حفظها فى أوعية مغلقة مقاومة للتحلل ، إلا أنه مهما أحكم إغلاق تلك الأوعية ، فإنه فى يوم ما ، قرب أو بعد ، سيحدث تحلل لجزء منها أو كلها ، عندئذ تحدث الكارثة التى قد تؤدى إلى نهاية الحياة فى تلك المياه ، خاصة إذا علمنا أن بعض العناصر المشعة مثل بلوتونيم239 يصل نصف عمره الإشعاعى إلى 24400 سنة ، مثل هذا العنصر يحتاج إلى حوالى نصف مليون سنة ليصبح آمنا.

كما ينتج عطب البحار من كثرة تدفق الملوثات عبر الأنهار والمصارف ، فإن إيقاف تدفق مياه الأنهار بإقامة السدود والحواجز تؤثر تأثيرا ضارا على الحياة البحرية ، فإقامة الحواجز لمنع وصول مياه الأنهار إلى البحار كان له تأثير كبير على كثير من الأسماك المهاجرة التى تقضى جزءا من حياتها فى الماء المالح وجزءا آخر فى المياه العذبة . وقد حدث ذلك لأسماك السلمون عند عدم تمكنها من الوصول إلى أماكن وضع البيض فى بعض الأنهار . وفى مصر عندما أنشئ السد العالى وتوقف النيل عن تدفقه وإرسال بعض طميه إلى البحر سنة 1965 نقص

تركيز العوالق النباتيـــة phytoplanktons * بمقـدار 90% وقـل محصــول صيـد السردين من متوسط 18000 طن سنة 1960 إلى 1200 طـن سـنة 1966 ثـم إلـى 500 طن فقط سنة 1969.

- التلوث البحرى ، أيا كان مصدره فهو من فعل الإنسان ، الذى يعيش طبيعيا على اليابسة ، ويتجول بسفن وبوارجه فى البحـار ... فـى حياتـه اليابسـة يصـدر ملوثـات للبحر تقدر بحوالى 77% من مجمل الملوثات التى تصـل منـه إلـى البحـر ، والبـاقى وهو حوالى 23% من الملوثات يصدرها الإنسان للبحـار أثنـاء تجوالـه بـها، ويمكن تصنيف مصادر التلوث كما يأتى :-

%44 ملوثات الصرف من البر إلى البحر .

%33 ملوثات تصل إلى الهواء فوق البحار من النشاط البرى للإنسان .

%12 ملوثات تنتج عن سير البواخر.

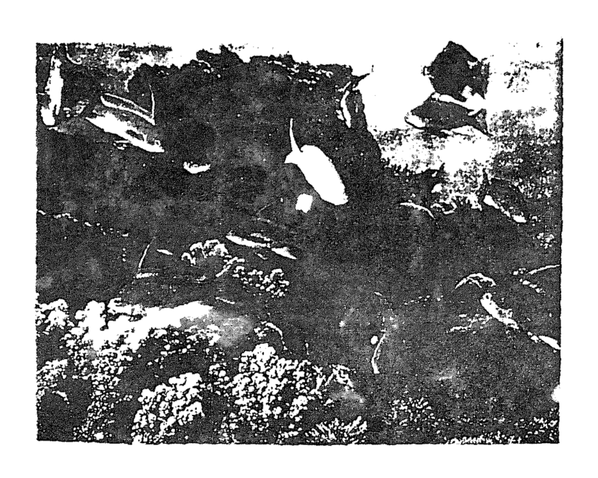
%10 ملوثات تلقى فى المحيطات ، حيث تستخدم بعض الدول الصناعية المنــاطق العميقة من المحيطات لدفن النفايات العسكرية والنووية والسامة، رغم المنع الدولى لذلك .

%1 ملوثـات تنتـج عـن التعديـن البحـرى وتشمـل حفـارات البـترول البحريـة (شكل 12) فى المياه القريبة من الشواطئ.

تتسبب كافة الملوثـات البحريـة فـى نقـص المحصـول السـمكى العـالمى بحوالـى 20% عن المعتاد .

* العوالق النباتية هى كائنات حية نباتية ، أى تحتوى على كلوروفيل ، لا تتحـرك حركـة ذاتيـة أو تتحرك حركة ذاتية ضعيفة لا تمكنها من مقاومة التيارات المائية ، معظمها وحيدة الخلية .

بجانب كافة التلوثات السابق الحديث عنها ، فإن الإنسان أحدث أضرارا أخرى بالبيئة البحرية نتيجة إدخاله أنواع من الأحياء غريبة عن المنطقة التى أدخلت بها ... يستوردها من مكان ويدخلها فى مكان آخر غريب عنها وسط أحياء مختلفة عن مخالطيها فى بيئتها الأصلية فيخل بالتوازن بين الأحياء البحرية ، مما يعتبر هذا تلوثا وراثيا . وقد أدى فتح قناة السويس وإتصال مياه البحرين الأحمر والأبيض المتوسط إلى ظهور حوالى 250 نوع من أحياء البحر الأحمر فى مياه البحر الأبيض المتوسط، من ذلك نوع قنديل البحر روبيليما نوماديكا *Rhopilema nomadica* والذى قلل من المحصول السمكى بشرق البحر الأبيض المتوسط وأثر تأثيرا واضحا على سياحة الشواطئ .



شكل 13 : حياة بحرية فى طريقها للإندثار بسبب تلوث البحار

لم يكتف الإنسان بإحداثه أضرارا بالحياة البحرية عن طريق تلويثه لمياهها ، بل زاد الطين بله بما يقوم به من صيد جائر أكثر من قدرة النوع على تعويض خسائره، مما تسبب في تناقص أعداد بعض الأحياء البحرية وإبادة بعض الأنواع البطيئة التكاثر ، من ذلك حوت المحيط الأطلسي الرمادي الذي إختفى منذ عام 1730 وحيوان المنك البحري sea mink الذي إختفى منذ سنة 1880 . أما الحوت الأزرق ، أكبر أحياء كوكبنا فقد تناقصت أعداده تناقصا واضحا ، فبعد أن كان تعداده حوالي 200,000 سنة 1950 أصبح حاليا حوالي 2000 فقط .

ولو إستمر الحال على هذا المنوال لوصلنا إلى درجة تصحير البحار ، وذلك كما يحدث في اليابسة في كثير من المناطق الجافة من رعي زائد تسبب في تصحير كثير من المراعي بالعالم ، فكذلك فإن الصيد الزائد سوف يؤدي إلى ندرة الحياة في مناطق الصيد الكثيف بالبحار (شكل 13).

تلـــوث التربـــــة

تعتمد كافة الأنشطة الإنسانية ، أساساً على توفر الأرض الضرورية للإقامة وللإستقرار وللزراعة وللصناعة وللتجارة ولكافة أنشطة الإنسان الأخرى على اليابسة ، بما فيها الأنشطة الإجتماعية والرياضية والترفيهية ، فالأرض تعتبر وسطاً متكاملاً لمختلف النظم البيئية .

التربة هى الجزء الخارجى من القشرة الأرضيـة والناتجة عن تفتت الصخور السطحية ، سمكها لا يتعدى عادة بضعة أمتار ، وفيها وعليها تعيش معظم أحياء التربة من كائنات دقيقة ونباتات وحيوانات ، وعلى سطحها يعيش الإنسان والعديد من الأحياء النباتية والحيوانيـة . من التربة خلقنا ، ومن مكوناتها تغذينا ويتغذى غيرنا من الأحياء ، وفيها نعود ثانية .

﴿ منها خلقناكم وفيها نعيدكم ومنها نخرجكم تارة أخرى ﴾ *

لهذا كانت التربة الجيدة أحد الضروريات الهامة لصحة الإنسان . تتدهور التربة بفعل عوامل مختلفة ؛ طبيعية وكيميائية وبيولوجية . يحدث التدهور الطبيعى للتربة بفعل عوامل النحر والتعرية من مـاء ورياح وأمواج بحرية ساحلية ، كما يحدث تدهور طبيعى للتربة بفعل الإنسان عندما يقوم برعى جائر فى المناطق الصحراوية أو بتقليع الأشجار وإزالة الغابات ، وقد ينفذ ذلك بحرق الأشجار بدلاً من تقليعها (شكل 14) فيلوث بذلك هواء المنطقة . قد ينتج عن التدهور الطبيعى نقص فى مغذيات التربة وتغيير فى حموضتها (رقم p^H) وسوء تهوية . ويحدث التدهور الكيميائى للتربة بفعل الإضافات الكيميائية التى تضاف إليها ، والتى تشمل

---

* سورة طه : 55

المخصبات المختلفة والمبيدات التى قد تعامل بها التربة مباشرة أو ترش بها النباتات المنزرعة وتتساقط بعضها على التربة أو تتطاير وتصيب أراضى أخرى أو تصل إلى حيوانات أو إنسان وقد تحدث بهم أضراراً . وإذا زاد ما أضفناه من أسمدة ومبيدات عن إحتياجات النباتات المنزرعة بقيت الزيادة بالتربة وإعتبرت من ملوثاتها ، كما تصبح أيضاً من ملوثات مياه التربة . أملاح النترات قد تتحول بفعل بعض أنواع من الكائنات الدقيقة بالتربة إلى أملاح نتريتات ، والأخيرة قد تتفاعل مع أمينات المواد العضوية بالتربة مكونة نتروأمينات ضارة بالصحة . يحدث الضرر الكيماوى أيضاً عند إزدياد قلوية التربة أو زيادة ملوحتها . وقد وجد أن سوء إدارة نظم الرى ، ويحدث ذلك عند زيادة ماء الرى وسوء الصرف قد تسبب فى تمليح ما يزيد عن عشرة ملايين هكتار . وعموماً فزيادة ماء الرى تضر بالنباتات المنزرعة وكذلك فإن قلة المياه بالأرض تضر أيضاً بالنباتات وبطبيعة الأرض.



شكل 14 : حرق الغابات لتحويلها إلى أراضى زراعية

التدهور البيولوجى ينتج عن إختلال التوازن الطبيعى لأحياء التربة ، قد يحدث ذلك بفعل زيادة مياه الرى أو قلتها عن المعدل وقد يحدث عند إستخدام المبيدات التى تثبط من نمو بعض الكائنات أو تقتلها دون أن تؤثر على البعض الآخر . وقد يحدث الإختلال البيولوجى عند إدخال كائنات غريبة عن أحياء التربة الطبيعية ، وقد يتم ذلك عند نقل تربة من جهة إلى أخرى ، أو عند التسميد العضوى ، ذلك أن التربة والأسمدة المنقولة تحتوى على أحياء دقيقة وغير دقيقة قد يكون منها ما هو غريب عن أحياء التربة المنقولة إليها .

التربة الزراعية هى المصدر الأول لغذاء كافة الأحياء الأرضية ، فعليها تنمو النباتات التى تستمد إحتياجاتها الغذائية من ثانى أكسيد الكربون الجوى ومن ماء وأملاح التربة . وتستمد كثير من الحيوانات غذاءها من النباتات ، وتستمد حيوانات أخرى غذاءها بالإفتراس على حيوانات آكلة أعشاب ، ويستمد الإنسان غذاءه من أنواع مختلفة من النباتات والحيوانات . وتعتمد كثير من الأحياء الدقيقة ؛ بكتيرية وفطرية وبروتوزوية على مخلفات وبقايا كافة الأحياء . وعموما فإن الزراعة ومتطلباتها الغذائية تتأثران بنوعية التربة وصحتها ومدى ما نوليه لها من عناية وإهتمام .

نقص إنتاج الغذاء يتسبب فى كثرة المعاناة وإنتشار حالات الإصابة بسوء التغذية بين المواطنين الذين لا يجدون إحتياجاتهم الكافية من الغذاء ، وما ينتج عن ذلك من مشاكل صحية يتعرض لها ملايين المواطنين فى الدول النامية . ففى إحصاء تم عام 1995 وجد أن أكثر من 780 مليون شخص على مستوى العالم لا يحصلون على الغذاء الكافى ، حيث يعيش معظمهم فى مناطق معرضة للجفاف أو تحت ظروف تربة رديئة لا تصلح للنمو النباتى الجيد .

لا تقتصر الأضرار الحادثة للتربة على نقص متطلباتها من مغذيات أو الإخلال بإحتياجاتها من المياه أو على ما نضيفه إليها من مبيدات وأسمدة قد تزيد على إحتياجاتها وقد تقل ، بل قد تحتوى التربة على ملوثات بيولوجية ، قد تكون مسببات أمراض من كائنات دقيقة بكتيرية وفطرية وبروتوزوية وفيروسية ، وقد تحتوى التربة على مصادر العدوى بديدان الأمعاء من بيض ويرقات ، والتى تصل إلى التربة عن طريق بول وبراز الإنسان ، والتى قد تصل إلى التربة مباشرة أو عن طريق مياه الرى الملوثة بمياه الصرف الصحى . بعض تلك الديدان تتسبب فى أعراض خطيرة للإنسان ، منها الأنيميا وأمراض الكبد والكلى والأمعاء . من أنواع الديدان التى تصيب الإنسان وتنتقل خلال التربة ديدان الإسكارس والإنكلستوما والأنتروبيوس.

من مسببات الأمراض الأخرى والتى تعيش فى التربة البكتريا المسببة لمرض التيتانوس وفيروس شلل الأطفال . تسبب البكتريا كلوستريدم تيتانى *Clostridium tetani* مرض التيتانوس وذلك بدخول البكتريا المسببة إلى الجروح العميقة فى الجلد حيث تفرز مادة سامة قاتلة تسرى فى الدم والأعصاب وتظهر أعراضها فى صورة تشنج لعضلات الفك ، أما فيروس شلل الأطفال فيعتبر من أكثر الفيروسات قدرة على البقاء فى التربة محتفظا بحيويته ، خاصة أن هذا الفيروس يلتصق بشدة بحبيبات التربة الطينية ويقاوم الجفاف . يعتبر فيروس شلل الأطفال من الفيروسات المعوية التى تخرج مع براز المريض إلى البيئة الخارجية ، وخاصة خلال الأسبوعين الأوليين من حدوث العدوى . ينتج عن الإصابة حدوث تغييرات ضارة بالخلايا العصبية تؤدى إلى ضمور فى العضلات . عموما ثبتت إمكانية إنتقال الفيروسات المعوية من التربة الملوثة بها إلى الإنسان عن طريق الخضراوات . لهذا فإن إستخدام مياه الصرف الصحى فى رى حقول الخضروات يعتبر من المحظورات لما يسببه التلوث الناتج عنه من أخطار جسيمة على صحة الإنسان . وفى دراسة مقارنة لمدى إنتقال بعض مسببات الأمراض عن طريق بعض الخضروات شملت الكرنب والطماطم والفلفل والخس ، وجد أن الفيروسات والبكتريات الملوثة للكرنب فقدت حيويتها خلال ثلاثة أو أربعة أيام ، وعلل ذلك بوجود مواد مضادة للفيروسات والبكتريات المرضية فى أنسجة نبات الكرنب .

كذلك فقد ثبت أن بعض الفيروسات ومنها فيروس شلل الأطفال يمكنها إختراق جذور وسيقان بعض النباتات مثل البسلة وتبقى حية بها لمدة طويلة .

العناية الصحية الوقائية ضرورية فى حالتى التيتانوس وشلل الأطفال وغيرهما من الأمراض المحمول مسبباتها على حبيبات التربة أو مياهها ، وذلك للإقلال من فرص التعرض لتلك المسببات المرضية ولتفادى الأخطار التى قد تنجم عن الإصابة بها ، والتحصين ضد هذه الأمراض يعتبرا أمرا واجبا عن إحتمالات التلوث بمسبباتها .

بجانب ما جاء ذكره من تلوثات معدنية وكيميائية وبيولوجية تحدث للتربة ، فإنه قد يحدث بعض الحالات تلوث إشعاعى للتربة . ففى الحالات التى يحدث فيها تسرب إشعاعى يحدث تساقط لجسيمات مشعة إلى التربة وعندئذ تمتص النباتات المنزرعة الجسيمات المشعة مع غيرها من مغذيات التربة . ومن النباتات الملوثة بالإشعاعات تنتقل العناصر المشعة إلى الحيوانات والإنسان عند التغذية على تلك النباتات . وقد تصل العناصر المشعة إلى الإنسان عن طريق الغذاء على لحوم أو بيض أو ألبان أو منتجات ألبان ناتجة من حيوانات تعرضت مباشرة للإشعاعات أو تغذت على نباتات نمت فى تربة تعرضت للتسرب الإشعاعى . وقد حدث ذلك عندما تسربت الإشعاعات من مفاعل تشرنوبيل سنة 1986 ، وتحركت السحب حاملة الجسيمات المشعة إلى أماكن مختلفة فأدت إلى تلوث مناطق تساقطت بها أمطار السحب الملوثة، ومن هذه المناطق أوكرانيا وبيلاروسيا (روسيا البيضاء) من دول الإتحاد السوفيتى السابق ، كما شملت دول أخرى مثل السويد وبريطانيا . تلوثت التربة فى المناطق التى تساقط بها الأمطار المحملة بالجسيمات المشعة وإستمرت خطورة التلوث الإشعاعى قائمة من منتجات هذه الأراضى مدة زادت عن خمسة سنوات.

التلــوث الغـــذاء

الغذاء هو أحد الضروريات لإستمرار الحياة ، حيث يحتاج الإنسان البالغ الطبيعى منه إلى مصادر طاقة لتوليد حوالى 1500 إلى 2400 سعر حرارى يوميا منها حوالى 70 جرام بروتين والباقى مواد كربوايدراتية ودهنية ، كما يحتاج الجسم بجانب ذلك إلى أملاح وفيتامينات وماء .

الغذاء الجيد هو الغذاء المتوازن فى مكوناته المختلفة ، والكافى لتغطية كافة إحتياجاته من الطاقة اللازمة للقيام بمختلف النشاطات الجسمية الظاهرية والباطنية ، ولحفظ حرارة أنسجة الجسم المختلفة ، ولتوفير المواد الضرورية لنموه ، إذا كان فى طور النمو ، أو لبناء ما يفقد أو يتلف من خلايا جسمه أو الضرورية لتكوين وإفراز الأنزيمات الضرورية للتفاعلات البيولوجية لمختلف الأجهزة والهرمونات الضرورية للتنسيق والتنظيم العام للأنشطة الفسيولوجيه . وهذا الغذاء يجب أن يكون خالياً من كافة الملوثات الكيميائية والبيولوجية والإشعاعية الضارة بأنسجة الجسم .

يتعرض الغذاء خلال مراحل إنتاجه المختلفة للملوثات . فتتلوث المحاصيل الغذائية النباتية من التربة أثناء عمليات الزراعة والنمو والرى والتسميد ومقاومة الآفات ، كما تحدث أثناء الجمع والحصاد والنقل والتخزين والتسويق والتصنيع وإعدادها للطعام . ويحدث التلوث للمنتجات الحيوانية أثناء تربية الحيوانات وتغذيتها والرعاية بها ، ومن المعاملات المختلفة التى تتعرض لها والتى تشمل مقاومة الأمراض التى تصيبها بالأدوية ، والحشرات المنتشرة حولها وقد تصيبها بالمبيدات الحشرية ، وقد يحدث تلوث المنتج الحيوانى من الأمراض التى تصيب الحيوانات والتى يمكنها أيضاً إصابة الإنسان إما مباشرة عن طريق التغذية على لحومها أو عن طريق التغذية على ألبانها . ويحدث التلوث من المعاملات التى تجرى عقب الذبح وخلال تداول اللحوم عند النقل والتسويق وعند الإعداد للطهى .

مصادر التلوث الغذائى متعددة ، وتشمل الماء الملوث عند رى النباتات وتنظيف الحيوانات وعند غسيل الخضراوات والفاكهة واللحوم لإعدادها للتسويق ، وأيدى العمال غير النظيفة أو المرضى الذين يتعاملون مع منتجات الغذاء ، والحشرات وخاصة الذباب والصراصير والتى قد تصل إلى الغذاء ، وأوانى الطهى والطعام الملوثة . وعموماً فإن أكثر الناس عرضة لملوثات الغذاء هم الفقراء نظراً لضعف إمكانياتهم المادية عن أن تمكنهم من الحياة النظيفة الصحية ولسوء تغذيهم والتى تسبب فى ضعف مناعتهم وسهولة إصابتهم بمسببات الأمراض . كذلك فإن قلة الوعى الثقافى البيئى وعدم معرفة أو قناعة الأشخاص بمسببات التلوث كثيراً ما يكون عاملاً مساعداً على الإصابة بملوثات الطعام .

بعض الملوثات قد تصل إلى الغذاء عمداً وخاصة أثناء التصنيع نتيجة للإضافات التى تضاف للمواد الغذائية بغرض تحسين مظهرها وتحسين تسويقها وخاصة بالنسبة لأغذية الأطفال ، وقد تكون سبباً فى الإضرار بصحة مستهلكيها . من تلك الإضافات مكسبات اللون والطعم والرائحة والمواد المحلية والمواد الحافظة ، وكذلك ما يصل إلى الغذاء عند رش الحشرات ومقاومة الأمراض وما يصل إلى النباتات من مبيدات وأسمدة وما يصل إلى لحوم الحيوانات من أدوية وهرمونات .

من مكسبات اللون التى تضاف إلى المنتجات الغذائية صبغة اللعلى والتى تستخدم فى تلوين بعض أنواع الحلوى وغزل البنات والزيتون الأسود وهى مادة سامة تؤثر على النخاع وتسبب فى حدوث أنيميا . ومن مكسبات اللون التى إستخدمت بتوسع ثم إتضح أنها من مسببات أمراض السرطان الصبغة الحمراء اللون، أحمر 2 (Red II) والصبغة البنفسجية اللون ، بنفسجى 1(Violet I) . ومن المواد المحلية والتى إنتشر إستخدامها وخاصة بالنسبة لمرضى السكر وراغبى التخسيس ، ثم ثبتت أضرارها على الصحة وحرمتها العديد من الدول مادة السكرين saccharine والتى تعطى حلاوة تعادل 300 مرة حلاوة السكر ومركبات السيكلامات cyclamates وحلاوتها تعادل 30 مثل حلاوة السكروز . وبالنسبة للمواد الحافظة

فقد إستخدمت أملاح نتريت الصوديوم ونتريت البوتاسيوم لحفظ اللحوم وخاصة فى حالات صناعة اللانشون و البسطرمة و السجق وكذلك فى حفظ الأسماك كما فى حالة الأسماك المجففة و المدخنة و أحياناً فى صناعة الجبن الطرى . وقد إتضح أن أملاح النتريتات تتفاعل مع عصارة المعدة الحامضية وينتج عن ذلك حمض نيتروز الذى يتفاعل مع هيموجلوبين الدم مكوناً مركب متهيموجلوبين methemoglobin فتقل بذلك قدره الدم على نقل الأكسوجين فتحدث حالة فقر دم خاصة بين الأطفال ، كذلك فقد تتفاعل مع بعض القواعد الآزوتية الداخلة فى تركيب المادة الوراثية مما قد تنتج عنه أورام سرطانية . ومن الأضرار الأخرى لأملاح النتريتات أنها قد تتفاعل مع الأحماض الأمينية المكونة لبروتينات اللحوم المحفوظة فينتج عن ذلك مركبات نتروأمينية nitrosamines ذات تأثير مسرطن ومن المواد الحافظة الأخرى والتى ثبتت أضرارها أملاح النتراتات والتى قد تتحول فى الأمعاء الغليظة بفعل بكتريا القولون إلى نتريتات ، والفورمالين الذى كثيراً ما يستخدم فى حفظ الألبان ومنتجاتها للحد من نمو الكائنات الدقيقة وهو شديد الضرر وذو تأثير سام ومسرطن .

بجانب المواد المحلية والملونة والحافظة والتى تضاف مباشرة إلى الغذاء أثناء تحضيره توجد مواد أخرى تضاف للغذاء فى مرحلة سابقة للتجهيز ، فقد يعامل بها النبات قبل جمعه والحيوان قبل ذبحة ، من ذلك المبيدات والأسمدة التى تعامل بها النباتات والحيوانات ، والمضادات الحيوية والأدوية والهرمونات التى قد تعطى للحيوانات خلال فترات من نموها . وكثيراً ما يتبقى جزء من هذه الملوثات فى المنتج الغذائى .

تستخدم المبيدات على النباتات والحيوانات لمقاومة الآفات التى تصيبها ، وبها تقاوم كثير من آفات وأمراض النباتات ، وتستخدم على الحيوانات لمقاومة الحشرات التى تصيبها مثل القراد والقمل والحلم والبعوض والذباب . تمتص كثير من المبيدات داخليا فى أنسجة النبات والحيوان فتصل إلى منتجاتها من خضر وفاكهة ولحوم

وبيض وألبان ، ولهذا نجد أن المبيدات تنتقل خلال الكائنات الحية بتغذية بعضها على بعض وتزداد تركيزا خلال سلسلة الغذاء .

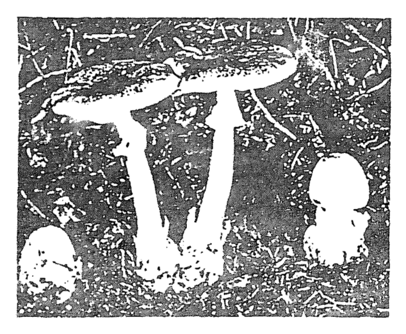
وبالنسبة للأسمدة فقد زيدت معدلاتها للحصول على إنتاج أكبر ، نظرا للطلب الشديد على المنتجات الغذائية ، للزيادة الرهيبة فى أعداد طالبى الغذاء . الزيادة السمادية كانت من نصيب الأسمدة الكيميائية وذلك لسهولة نقلها إلى أماكن طلبها ، بعكس الأسمدة العضوية فهى أسمدة غير مركزة ويصعب نقلها لمسافات بعيدة . الأسمدة الكيميائية هى أسمدة مركزة ، إذا زادت عن حاجة النبات تبقى الزيادة فى التربة وتلوث مصادر المياه ، أو تمتصها النباتات وتبقى فى صورتها فى أنسجة النباتات ، ويحدث ذلك بالنسبة لأملاح النترات ، فإن زيادتها تخزن فى النبات على صورتها ومن أكثر النباتات تخزينا للنترات البنجر والفجل والخس والكرفس.

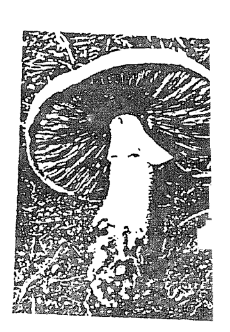
تربى الحيوانات والدواجن فى كثير من دول العالم فى أماكن محدودة وبأعداد كبيرة متزاحمة ، مما يترتب عليه سهولة إنتقال وإنتشار الأمراض بينها ، كما قد يترتب على ذلك حدوث إضطرابات سلوكية للحيوانات تظهر فى ظهور حالات هيجان بين القطيع . لهذا أصبحت برامج تربية الحيوانات والدواجن تشتمل على إضافة أدوية وقائية ومضادات حيوية تضاف إلى الغذاء أو مع مياه الشرب على فترات معينة ، وذلك بخلاف الأدوية التى تعطى للعلاج عند ظهور أمراض بها. وقد وجد أن45% من مجمل المضادات الحيوية المستهلكة بالولايات المتحدة الأمريكية تضاف بجرعات صغيرة إلى غذاء الماشية كوقاية ضد الأمراض ولأنه قد وجد بأن المضادات الحيوية تتسبب فى زيادة معدلات نمو الماشية ولم يعرف لذلك تعليل بعد. المضادات الحيوية المستخدمة على الحيوانات هى نفس الأنواع المستخدمة فى علاج أمراض الإنسان . الميكروبات التى تتعرض بصفة مستمرة لهجمات الجرعات الصغيرة من المضادات الحيوية تكتسب بمرور الوقت مقاومة ضدها . وهذه الميكروبات المكتسبة للمقاومة ضد المضادات الحيوية قد تصيب الإنسان

وعندئذ لا تجدى معها تلك المضادات نفعاً. كذلك فإن الحيوانات قد تعطى أدوية مهدئة لتقليل عدوانيتها الناتجة عن التزاحم وخاصة قبل نقلها إلى المذابح. رغبة من بعض مربى الحيوانات فى الحصول على مكاسب سريعة فإنهم يستخدمون هرمونات تزيد من أوزان الحيوانات، وقد تكون تلك الزيادة غير حقيقية، بل هى زيادة ناتجة عن زيادة قدرة الأنسجة على الإحتفاظ بالماء، وغالباً ما تكون الهرمونات المضافة هرمونات أنثوية تظهر أضرارها على ذكور المتغذيين على هذه اللحوم، أكثر من ظهورها على الإناث.

التلوث المعدنى والكيميائى للمواد الغذائية كثيراً ما يتسبب عنه أضرار صحية خطيرة، فالمعادن الثقيلة وكثير من المبيدات قد تسبب فى إصابة الإنسان بالفشل الكلوى أو الفشل الكبدى، كما قد يتسبب عنه تشوه للأجنة وإصابات بالسرطان. لهذا نجد أن كثير من الدول المتقدمة منعت إستخدام المعلبات المعدنية الغذائية المحتوية على رصاص. يحدث تلوث لمياه الشرب أو المياه المستخدمة فى تصنيع الغذاء بالرصاص من خزانات المياه المعدنية أو من أنابيب ووصلات شبكة المياه. التلوث بالزئبق يزداد حدوثه للحيوانات البحرية النامية فى مياه حامضية، ويعتبر السمك المصدر الرئيسى لتلوث الإنسان بالزئبق. يؤثر الزئبق على الجهاز العصبى للإنسان وخاصة بالنسبة للأطفال. ويكثر الكادميوم فى المنتجات النباتية النامية فى أراضى مسمدة بالفوسفاتات بكثرة. يزداد تركيز الكادميوم فى كبد وكلى الإنسان.

تتكون بعض المواد الكيميائية السامة طبيعياً فى أنسجة بعض الكائنات الحية الحيوانية أو النباتية أو الميكروبية، وقد نخطئ ونستخدمها للغذاء لما بينها وبين كائنات مثيلة من شبه كبير قد لا يميزه إلا مختص. من ذلك بعض فطريات عيش الغراب mushroom (شكل 15)، فبينما نجد أن الكثير من هذه الفطريات الكبيرة الحجم تعتبر أغذية محبوبة ومرغوبة وذات قيمة مادية وغذائية عالية نجد البعض منها شديد السمية، وقد يكون سبباً فى هلاك مستهلكيها. من الأمثلة الأخرى نجدها فى الأسماك التى تعتبر من الأغذية البروتينية المرغوبة والتى تؤكل على نطاق واسع فى كثير من دول العالم، نجد أن بعضها سام للإنسان.

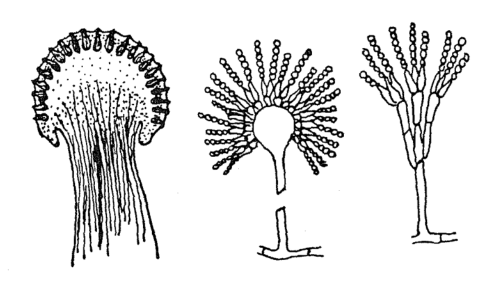




شكل 15: فطريات عيش الغراب قد تكون غذاءا شهيا وقد تكون سما قاتلا
على اليمين : فطر أجاريكس *Agaricus* أنواعها منتشرة وبعضها يزرع ويسوق كغذاء
على اليسار : نوع من فطر *Amanita* الشديد السمية

وبين النباتات نجد البعض يحتوى على مواد لها تأثير سام على الإنسان، والبعض يحتوى على مواد ضارة بوظائف بعض أعضاء الجسم كأن تحتوى على نسب مرتفعة من الأكسالات والتى قد تتسبب لدى البعض فى تكوين حصوات بالكلى. وبالنسبة للكائنات الدقيقة نجد أن بعضها ينتج مواد كيميائية سامة عند نموه على محصول غذائى ، من ذلك الفطر كلافيسبس بربوريا *Claviceps purpurea* الذى يصيب بعض النجيليات (شكل 16) محدثا مرض الأرجوت ergot ، فإذا طحن دقيق نبات نجيلى كالقمح مصاب بهذا المرض وسط قمح سليم من المرض نتج عن ذلك دقيق سام ، تختلف درجة سميته وفقا لتركيز القمح المصاب إلى القمح السليم ، وقد نتج عن ذلك حالة تسمم واسعة بفرنسا سنة 1943 أدت إلى وفاة حوالى أربعين

ألف شخص . ثم عرفت بعد ذلك سنة 1960 مجموعة من السموم والتي تسبب فطريات سميت بالأفلاتوكسينات aflatoxins ، تظهر عند إصابة بعض النباتات بفطريات معينة منها الفطر أسبرجيللس فلافس *Aspergillus flavus* والذى يصيب الفول السودانى والذرة والأرز وبذرة القطن ، وتكثر الإصابة بهذا الفطر في المخازن عقب الحصاد وخاصة عند إرتفاع درجتى الحرارة والرطوبة . وقد سجلت أول إصابة نتجت عن هذا الفطر سنة 1960 عندما غذيت دواجن رومية بإنجلترا على دقيق فول سودانى مستورد من البرازيل ومصاب بالفطر المذكور، وقد تسبب ذلك في موت مائة ألف من تلك الدواجن الرومية ، وقد ظهرت أعراض التسمم في حدوث نزيف داخلى تحت الجلد ويرقان فى الكبد وتضخم فى المرارة إضافة إلى تغييرات سرطانية للدواجن الرومية . وقد سجلت بعد ذلك بعض السموم الفطرية ضمن المسرطنات ، من ذلك أكراتوكسين أ (ochratoxin A) الذى يكثر وجوده في



شكل 16 : فطريات ملوثة للغذاء
يمين : نوع من فطر بنسيليم
وسط : نوع من فطر إسبرجيللس
يسار : فطر كلافيسبس بربوريا

القمح ويتسبب عن فطريات من الجنس أسبرجيللس *Aspergillus* وبنسيليوم *Penicillium* (شكل 16).وتتسبب عن التغذية على الأقماح المصابة والمحتوية على هذا السم إلتهابات كلوية وفشل كلوى . كما قد سجلت حالات تسمم كبدى أفلاتوكسينى aflatoxin hepatitis سنة 1975 نتيجة تغذية على ذرة ملوثة بالفطر *A.flavas* التلوث الأفلاتوكسينى قد يحدث مباشرة نتيجة التغذية على المنتج الغذائى النامى عليه الفطريات المكونة للأفلاتوكسينات ، أو نتيجة للتغذية على منتجات حيوانية لحيوانات تغذت بغذاء ملوث بها ، كالتغذية على لحوم أو ألبان أو بيض تلك الحيوانات . وتشير الدراسات إلى وجود علاقة إيجابية بين هضم الأفلاتوكسينات وحدوث سرطان الكبد فى الإنسان.

بعض ملوثات الطعام الكيميائية تصل إلى الغذاء من ملوثات البيئة المختلفة ؛ من الهواء أو الماء أو التراب ، كالرصاص والزئبق والكادميوم ومركباتها وكثنائى الفينيل عديد الكلور ، والبعض يتكون أثناء تجهيز الطعام مثل المركبات الهيدروكربونية الناتجة عن حرق الوقود أثناء الشى على الفحم (شكل 17) وتكون مركبات بنزانثراسينات benzanthracenes عند شى اللحوم وهى من المركبات المسرطنة .

عرف التلوث الإشعاعى حديثاً ، وقد تصل التلوثات الإشعاعية إلى المواد الغذائية ، ثم تصل إلى أجسامنا عن طريق الغذاء الذى تعرض للإشعاعات ، وقد يحدث ذلك بعيداً عن مناطق حدوث التسرب الإشعاعى . تعرض الإنسان سنة 1986 عقب حادث تشرنوبيل للإشعاعات المؤينة مباشرة فى منطقة التسرب ، كما تعرضت كثير من الدول المجاورة للإشعاعات نتيجة تحرك السحب المحملة بالجسيمات المشعة والتى تساقطت أمطاراً فى تلك الدول فلوثت التربة وما عليها من نباتات وحيوانات بالعناصر المشعة ، وبالتالى تلوثت محاصيلها النباتية ومنتجاتها الحيوانية من لحوم وألبان وبيض ، فكانت مصدر قلق لشعوب العالم المستوردة

للغذاء من الدول التى لوثتها الأمطار المشعة . وقد تم كشف تلوث باليود 131 والسيزيوم 134 والسيزيوم 137 فى أغذية مستوردة من تلك الدول ، وخاصة فى الألبان ومنتجاتها والتى يتركز تأثيرها الضار على الغدد الدرقية . وقد ثبت أن اليود المشع يمتد أثره لعدة أشهر ، أما السيزيوم المشع فيستمر أثره لمئات السنين ، ذلك أن عمر النصف الإشعاعى له 30 سنة ، والأثر المشع له لا زال موجوداً فى منطقة حدوث التسرب الإشعاعى وغير مسموح بزراعة المحاصيل الغذائية فى تلك المنطقة حتى الآن . وقد تسبب الإشعاع المؤين فى زيادة معدل الإصابة بسرطان الغدة الدرقية بين الأطفال فى المناطق المحيطة بمفاعل تشرنوبيل . فى الفترة المبدئية التى أعقبت حادث التسرب الإشعاعى منع زراعة 144000 هكتار ومنع إستخدام 492000 هكتار غابات وأعلنت مناطق سكنية مساحاتها 26000 كيلومتر مربع مناطق غير صالحة للسكنى .



شكل 17 : شى اللحوم على الفحم مباشرة ينتج عنه تكون مواد مسرطنة باللحوم ، إضافة إلى تلويث الجو بأول أكسيد الكربون وغيره من ملوثات حرق الوقود

التلوث البيولوجى الناتج عن كائنات حية ، غالبـاً مـن الكائنـات الدقيقـة ، والـذى يظهر عادة فى صورة أمراض تصيب الإنسان ، كثيرا ما تحـدث الإصابـة بـها عـن طريق ما يتناول من أغذية حيوانية أو نباتية . لحوم الحيوانات السـليمة تكـون خاليـة من الميكروبات ولكنها قد تتلوث بعد الذبح من أيـدى الجزاريـن والحمـالين ووسـائل النقل . أما الحيوانات المريضة فكثيراً ما تكون مسببات أمراضها هى نفـس مسـببات أمراض الإنسان ، من ذلك أمراض السل والحمى المالطية والحمى القلاعية ، وهـذه المسببات قد تنتقل من الحيوانات المريضة إلى الإنسان عن طريق الألبان . إصابات الديدان الشريطية تظهر فى الأبقار والخنازير فـى صـورة حوصـلات بـالعضلات ، فإذا تغـذى إنسـان علـى لحـوم ملوثـة بـالحوصلات دون طـهى جيد نشـطت الديـدان المتحوصلة وظهرت إصابات الديدان الشريطية .

التلوث البيولوجى الخارجى للحوم والألبان يحدث من أيدى الجزارين والحلابين وقد ينقلون معها ميكروبات مرضية منها ميكروبـات التيفـود والكولـيرا والإسـهال . تتسبب الكوليرا عن نوع من البكتريا يسمى فـبريو كولـيرا *Vibrio cholera* والتـى تصيب مئات الآلاف سنوياً فى أفريقيا وأسيا وأمريكا اللاتينيـة ، وتصـل ميكروبـات الكوليرا إلى الغذاء عن طريق المياه الملوثة . أمراض الإسهال تتسبب عن العديد من الملوثات منها البكتريـا إشيريشـيا كـولاى *Escherichia coli* والتـى تحـمل بـالغذاء ويكثر إنتشارها بين مواطنى الدول النامية وتكـون مسـئولة عـن 25 % مـن حـالات إسهال الأطفال والصغار . كثير من الأمراض الطفيليـة التـى تصيـب الإنسـان عـن طريق ما يتناوله من غذاء أو شراب قد تنتج عن التلوث البرازى للغذاء سواء نتيجـة لعدم نظافة الأيدى أو أن يكون النقل إلى الغذاء عن طريق بعض الحشرات وبخاصة الذباب ، ومن هذه أمراض الحمى التيفودية والكولـيرا والدوسـنتاريا وشـلل الأطفـال والإلتهاب الكبدى الوبائى .

من المسببات الفيروسية التى تنتقل بالغذاء فيروس الكبد الوبـائى أ hepatitis A والذى يصيب من 100 إلى 500 شخص من كل مليون شخص سنويا .

من المشاكل الحديثة المرضية والتى تتسبب عن نوع من البروتين المعدى يقال له بريون prion ، وهو أصغر الممرضات المعروفة حتى الآن ويتسبب عن الإصابة به مرض جنون البقر mad cow disease (BSE) والتى شخص وجودها فى حوالى 1000 بقرة بالمملكة المتحدة سنة 1980 ويعتقد بإمكان إنتقالها من لحوم البقر إلى الإنسان .

تتعرض المواد الغذائية النباتية من خضراوات وفاكهة للتلوث الخارجى بميكروبات ممرضة للإنسان ، من ذلك البروتوزوا المسببة لمرض الدوسنتاريا التى تهاجم الأمعاء الغليظة وتتكاثر بها ، وقد تنتقل خلال الأوعية الدموية وتصيب الكبد كما قد يحدث تلوث للمنتجات النباتية ببيض أو يرقات بعض الديدان المتطفلة مثل ديدان الإسكارس والبلهارسيا والأنكلستوما والدودة الكبدية . ترجع معظم هذه التلوثات إلى خلط مياه الصرف الصحى بالمياه الجارية ، أو الإستخدام غير الصحى للمياه الجارية من تبول وتبرز بها أو داخل الحقول المنزرعة بمحاصيل غذائية أو إستخدام مياه الصرف الصحى مباشرة فى رى المزروعات .

من كل ما سبق تتضح لنا أهمية خلو ما نتناوله من غذاء وشراب من كافة الملوثات الكيميائية والإشعاعية والبيولوجية ، ولا يتسنى ذلك إلا بالعناية الصحية للأشخاص القائمين بالزراعة والعناية بالحيوان والقائمين بتداول وتسويق وأعداد الطعام ومكافحة الحشرات الناقلة للأمراض ومنع وصولها إلى الغذاء ، كما يجب العناية بالغسيل الجيد للمنتجات الغذائية النباتية والحيوانية بالماء النظيف الجارى الخالى من الملوثات وذلك لإزالة الملوثات الخارجية . ويجب العمل على عدم وصول تلوثات كيميائية والتأكد من عدم تعرض الأغذية لملوثات إشعاعية . ويجب

تحاشى إستخدام المنظفات الصناعية لغسيل المنتجات الغذائية ، فالمنظفات الصناعية ما هى إلا خليط من مواد كيميائية ، تختلف من منتج إلى آخر وغالباً ما يدخلها مادة أو أكثر ذات سمية ، أو قد تكون محفزة لتكوين أورام خبيثة ، فإستخدام المنظف الصناعى لإستبعاد ملوث هو فى نفس الوقت إضافة لملوثات أخرى قد تكون أشد خطورة ، ولا يفيد فيها الغسيل بالماء الجارى بعد الغسيل بالمنظف الصناعى ، لأن جزءاً من المنظفات الصناعية يكون قد أمتص فى أنسجة المنتج الغذائى وخاصة فى حالة محاصيل الخضر الورقية.

التلـوث الداخلـى

يقصد بالتلوث الداخلـى * indoor pollution تلـوث الأمـاكن المغلقـة كالمنـازل والمدارس والمكاتب والمسارح المغلقة والمطاعم والمقاهى والمخابز وأماكن العبادة وغيرها . ويرجع التلوث الداخلـى إلـى مسببات مختلفة ، ففـى المنـازل والمطـاعم والمقاهى والمخابز نجد أن معظم التلوث ينتج عن حرق الوقـود للطـهى أو للتسـخين أو للتدفئة ، خاصة فى حالة عدم توفر مداخن مناسبة ، كما يرجع معظم التلـوث فـى المـدارس والمسـارح ودور العبـادة إلـى التزاحم الـذى ينتـج عنـه إسـتهلاك مرتفـع لأكسوجين الهواء الجوى وزيادة فى معدلات غاز ثانى أكسيد الكربون بـالجو نتيجـة لتنفس الأشخاص ، كما يسـهل مـع التزاحم إنتقـال مسببات الأمـراض الطفيليـة مـن شـخص إلـى آخر وخاصـة أمـراض الجـهاز التنفسـى . ويعتـبر التدخيـن مـن أشـد الملوثات فى الأماكن المغلقة والتى يصرح فيـها بـالتدخين ، وحيـث يصبـح التدخيـن السلبى إلزاميا لكافة الموجودين بالمكان سواء مدخنين أو غير مدخنيـن . كمـا يعتـبر رش المبيدات لمقاومـة الحشرات فـى الأمـاكن المغلقـة أشد ضـررا مـن رشـها فـى الأماكن المكشوفة . إضافة إلى ما سبق فإن كثـيرا مـن الملوثـات الداخليـة تنتـج عـن مـواد البنـاء والدهانـات والمعطـرات ومحسنات الجو ومـواد التنظيـف والتطـهير والمذيبات المختلفة والتـى تستخدم بالمنـازل والحيوانـات الأليفـة مـن قطـط وكـلاب والتى تربى فى المنازل والطيور والحيوانات الزراعية التى تربى فى الأرياف داخل منازل . يضاف إلى كافـة الملوثـات الداخليـة مـا يصـل إلـى الأمـاكن المغلقـة خـلال فتحاتها المحدودة أو أجهزة التكييف بها من ملوثات خارجية مختلفة.

---

* هذا الموضوع مشروح تفصيليا فى كتاب التلوث المنزلى للمؤلف .

الأضرار الناتجة عن التلوث فى الأماكن المغلقة تكون أبعد وأكثر شدة من الأضرار الناتجة عن التلوث العام فى الأماكن المكشوفة ، لأن الملوثات تكون محصورة فى التلوث الداخلى كما أنها تصدر قريباً من الأشخاص المقيمين بالداخل ، وقد بينت الدراسات أن إحتمال وصول الملوثات الداخلية إلى رئات الأشخاص المقيمين بالمكان المغلق أكثر ألف مرة من إحتمال وصول الملوثات التى تبث فى أماكن مكشوفة. وقد إتضح أن كميات الملوثات الموجودة فى الأماكن الداخلية قد تزيد عن مثيلاتها فى المساحات المكشوفة بمقدار 200% إلى 500%. ويزداد الأثر الضار إذا علمنا أن معظم الأشخاص يقضون حوالى 90% من أوقاتهم داخل المنازل . تتوقف المخاطر الناتجة عن التلوث الداخلى على مدى وكيفية تهوية المبنى وعلى أنواع الملوثات الموجودة وكثافتها وعلى مدى تزاحم الأشخاص الموجودين بالمبنى وأعمارهم وحالتهم الصحية ومدى حساسيتهم للملوث.

يزداد تعرض الأشخاص للتلوثات الداخلية فى الدول النامية مقارنة بالأشخاص فى الدول المتقدمة ، حيث أن كثير من سكان الدول النامية الفقيرة يستخدمون الوقود المتجدد كالأحطاب وروث الحيوانات المجفف ، كما يستخدمون الفحم فى الطهى والتدفئة ، يتسبب عن إحتراق هذه الأنواع من الوقود ملوثات كثيرة إذا ما قورنت بالبترول والغاز الطبيعى تظهر فى كثرة إصابات الجهاز التنفسى ، وقد قدرت أعداد المصابين فى تلك الدول بأمراض الجهاز التنفسى بحوالى 1000 مليون شخص سنوياً، معظمهم من النساء والأطفال ، وهم الذين يقضون معظم أوقاتهم بالمنازل.

تستخدم المبيدات فى الأماكن المغلقة فى صور مختلفة ، قد تكون رشاً أو فى صورة إيروسولات وأحياناً فى صورة ضبابية أو على هيئة أقراص تتسامى بالتسخين ، وقد توضع كمساحيق فى أماكن دخول أو تحرك الحشرات ، وقد يعمل منها طعوم تخلط مع مواد غذائية لجذب الفئران أو النمل إليها ، وقد تضاف إلى دهانات الحوائط حيث يطول مفعولها، وقد تستخدم على شرائح ورقية محتوية على

مواد جاذبة للحشرات وتعلق فى المطابخ عـادة ، وقد تعمل منـها أطـواق تعلـق فـى رقاب الكلاب المنزلية لمقاومة حشراتها. كثير من تلك المبيدات غير قـابل للتحلل البيولوجى فهى تبقى على حالها فى البيئـة مـدة طويلـة، خلالـها تبث سمومها علـى الأشخاص المقيمين داخل المبنى وتلوث أثناء ذلك طعامهم وشرابهم.

كثير من المنـازل والمكـاتب تحتوى بعض حجراتـها علـى سـجاد ثـابت فـى الأرض (موكيت) ، هذا السجاد يعتبر مأوى مثالى لأنواع من الحشـرات والعنـاكب والحلم والتى تعتبر من المسببات الرئيسية لأمراض الحساسية ، كذلك فـان سـوء التهوية يتسبب عنه إزدياد معدلات وجود غاز الرادون المشع بالمبنى والـذى ينطلق من جدران بعض المبانى.

تعتبر القمامة التى تتجمع عـن تنظيف الأماكن المغلقة وجميع المخلفات غير المرغوب فيها من بقايا مأكولات ومخلفات ورقية وزجاجيـة وبلاستيكية ومعدنيـة ، إضافة الى ما يصل الى المكان من غبار خلال فتحات المكان أو محمولة على أحذية وملابس القادمين ، وما يحويه الغبار من أطوار حشرية وشعور حيوانات أليفة . هذه القمامة يجب التخلص منها بأسرع ما يمكن ، فوجودها مـدة أطـول مـن الـلازم ينتج عنـه حـدوث تخمـر لمـا تحتويـه مـن مـواد عضويـة ، والتـى تصبـح مصـدر جـذب للحشرات الطائرة والزاحفة ، وبؤرة تكاثر لتلك الحشرات . كذلك فإن الغبار وشعور الحيوانات كثيرا ما يسبب لبعض الأشخاص أمراض حساسية .

بعض المخلفات المنزلية المـراد التخلص منها لـزوال الغـرض مـن وجودهـا ، حينئذ يمكن إعتبارها من القمامة ، مثل هذه المخلفات قد تكون مواد ذات خطورة إما لأنها سامة أو كاوية أو ذات قابليـة للتفـاعل أو الإشتعال . كثير مـن هـذه المخلفـات تحتوى على مذيبات من أصل بترولى. فالكثير من منازلنا يحتفظ بمجموعة من تلك المواد تحت حوض المطبخ أو الحمام أو فى حجرة خاصة قد تكون بحديقة المنزل أو

بحجرة أسفل سلم المنزل ، وتشمل تلك المواد علب المبيدات ومواد تلميع المعادن والموبيليا ومزيلات ومذيبات الدهانات . المذيبات العضوية وكذلك المنظفات الصناعية التى تستعمل بكثرة فى المنازل لتنظيف الأواني المنزلية ولغسيل الملابس وغير ذلك قد تحتوى على الكلور ، والكلور غاز سام ، وقد يتسبب عن تعرض الجلد والعيون لهذا الغاز تأثيرات مرضية ، لهذا وجب تداول هذه المنتجات بعناية. ومن المذيبات العضوية غير المحتوية على هالوجينات والتى تستخدم فى المنازل الميثانول والأسيتون .

من الأماكن المغلقة والتى يجب أن تنال عناية فائقة ضد التلوث ، المستشفيات ، وبصفة خاصة غرف العمليات والعناية المركزة والتى يجب أن تستبعد منها الملوثات بأنواعها المختلفة إستبعادا كليا. فبجانب وجوب الاهتمام بالنظافة التامة للمستشفى ككل ، يلزم تعقيم غرف العمليات والجراحين وهيئة التمريض قبل دخولهم غرف العمليات . حديثا ظهر نوع جديد من التلوث لم يخطر على بال القائمين قديما ، هذا التلوث ينتج عن إستخدام بودرة خاصة تسهل لبس القفازات وخلعها . هذه البودرة إتضح أنها تلوث الجروح أثناء إجراء الجراحة وقد تتسبب فى حدوث التهابات وقد ينتج عنها أورام ، كما قد تؤخر إلتئام الجروح. وقد منعت بعض الدول إستخدام هذه الأنواع من القفازات واستبدلتها بأنواع أخرى يسهل لبسها وخلعها دون الحاجة إلى إستخدام بودرة .

التأثيرات الصحية الناتجة عن التلوث الداخلى قد تظهر سريعا على الأشخاص وقد تحتاج إلى سنوات من التعرض للملوث حتى تظهر آثارها وأضرارها . تشمل التأثيرات السريعة حدوث تهيج للعيون والأنوف والحناجر وإحساس بالتعب والإرهاق والصداع و الدوار. كذلك فقد تظهر حساسية شديدة قد تكون فى صورة ربو، وقد تكون بشكل عطس أو زكام أو كحة ، وقد تكون فى شكل أرتكاريا بالجلد. وكثيرا ما تختلط الأعراض السريعة مع الإصابات بالأنفلونزا وفيروساتها .

الأعراض المرضية للتلوثات الداخلية والتى قد تحتاج إلى تعرض للملوث لمدد طويلة حتى تبدأ ظهورها تشمل انتفاخ الرئة وغيرها من الأمراض التنفسية ، كما قد تشمل أمراض القلب والكبد والكلى والسرطان ، ويتوقف ذلك على نوع الملوث وتركيزه وزمن التعريض .

إضافة إلى الملوثات الكيميائية الناتجة عن المواد المختلفة المستخدمة داخل المكان المغلق ، والتلوثات الميكروبية الناتجة عن التزاحم فى المبنى والتلوثات الإشعاعية التى قد تنتج عن بث غاز الرادون من بعض مواد بناء المبنى ، فإن التلوث الصوتى كثيرا ما يكون سبب إزعاج وإضرار بالمقيمين فى المبنى وقد يمتد أثره لخارج المبنى . ينتج التلوث السمعى عند رفع درجة الأصوات الناتجة عن أجهزة الإستريو والراديو والتليفزيون. ومن التلوثات الداخلية الأخرى التلوث الكهرومغناطيسى الذى قد ينتج عن مختلف الأجهزة الكهربائية المنزلية .

كما يتأثر التلوث الداخلى بالتلوث العام الخارجى من خلال الفتحات المحدودة للأماكن المغلقة أو من خلال أجهزة التكييف ، فإن الملوثات الداخلية تمثل ضغوطا على التلوث العام الخارجى ، وخاصة أن تركيز الملوثات فى الأماكن المغلقة يكون غالبا أعلى من تركيزاتها فى الأماكن المكشوفة . فالغازات الناتجة عن التدفئة والطهى والرش بالمبيدات فى الداخل إضافة إلى إحداثها تلوث مركز داخلى فإنها تساهم أيضا فى التلوث العام الخارجى .

المخلفات السائلة وهى المياه المستخدمة فى التنظيف والغسيل والإستحمام وفى دورات المياه ، وبما تحتويه من صابون ومنظفات صناعية ومطهرات ونواتج نشاط آدمى من بول وبراز ، ومما قد تحتويه من ميكروبات ممرضة ، تنتهى بطريق أو بآخر إلى مجارى مائية سواء عن طريق الصرف المباشر خلال شبكة صرف عمومية أو بالصرف غير المباشر عن طريق الرشح فى الماء الأرضى.

كذلك فإن المخلفات الصلبة للمنــازل وغيرهـا مـن الأمـاكن المغلقة ، والتـى تمثـل القمامة ، تنتهى إلى الخارج لتلوث الأرض والماء والهواء لمدد قد تطول ،خاصـة أن الكثير من مكونات القمامة بطيئة التحلل .

مصادر التلوث البيئى

صحب التقدم العلمى والتكنولوجى ظهور العديد من المركبات الكيميائية الضارة بالصحة والمؤثرة على العديد من الأحياء المتعرضين لها. فمع التوسع فى إستخدامات الوقود الحفرى غير المتجدد ؛ من فحم وبترول وغازات طبيعية ، ووقود بيولوجى متجدد؛ من أحطاب ومخلفات زراعية نباتية وحيوانية ، إنتشرت فى البيئة التى نعيش فيها العديد من الغازات الناتجة عن إحتراق الوقود والتى شملت أكاسيد كربونية وأخرى نتروجينية وغازات كبريتية . كما أدى الاحتراق غير الكامل للوقود إلى تصاعد مركبات هيدروكربونية وكربون فى صورة هباب وإلى ترسيب مركبات بترولية سائلة وصلبة فى صور زفت وقطران . فنتج عن كل ذلك تلوث كبير للهواء الجوى والمياه والتربة.

مع التقدم الكبير فى الصناعات الكيميائية وإكتشاف الصناعات البلاستيكية ظهرت الآلاف من المركبات الكيميائية التى دخل البعض منها فى الصناعات الدوائية ، والبعض فى تركيب العديد من مبيدات الآفات الزراعية والمنزلية، كما دخل البعض الآخر فى صناعة المنسوجات والسجاد وصبغاتها ، والبعض فى صناعة البويات والأسمدة الزراعية ومختلف الأدوات المنزلية ، وفى الصناعات الإلكترونية والسيراميك بمنتجاته المتعددة . ومن الكيماويات الحديثة عرفت المنظفات الصناعية المتعددة الأغراض ، فمنها ما يختص بغسيل الملابس ، ومنها ما هو خاص بغسيل الأطباق وأدوات الأكل والطهى ، ومنها ما يزيل البقع ومنها ما يزيل الألوان ، ومنها ما يستخدم فى إزالة دهانات التجميل من أحمر شفاه إلى دهانات أظافر النساء. ومن الكيماويات ما يستخدم فى أجهزة التبريد والتكييف وما يستخدم كغازات ضاغطة فى الأيروسولات للمساعدة فى رش المبيدات ، وفى دهان السيارات والجدران ، وفى بث روائح زكية فى الجو. كل تلك المكتشفات وغيرها وجدت طريقها إلى البيئة التى نعيشها ويشاركنا فيها كافة مخلوقات الله من أحياء .

ولا ننسى من الملوثات ، تلك المنتجة للأغراض الحربية بين الإنسان وأخيه الإنسان ، فبعد أن إكتشف البارود وإستخدم سلمياً فى نسف الصخور ، إستخدم بعد ذلك حربياً فى إنتاج الطلقات النارية والقنابل والمفرقعات. ومن الكيماويات التى إستخدمها الإنسان فى حروبه ، غازات سامة تفتك بالجيوش المحاربة كما تفتك بغيرها من غير المحاربين . وأخيراً كان إكتشاف القوى المدمرة الكبيرة الناتجة عن الإنشطار الذرى والأخرى الأكثر تدميراً والناتجة عن الإندماج النووى ، فكان التلوث الشديد الخطورة البعيد الأثر الطويل الأمد . صحيح أنه لم تلق تلك القنابل الفتاكة حربياً إلا مرتين قبيل نهاية الحرب العالمية الثانية ؛ الأولى على هيروشيما والثانية على ناجازاكى باليابان ، إلا أن المخزون منها لدى بعض دول العالم يقدر بالمئات ، وإن القوى التدميرية لأى من تلك القنابل المخزنة يفوق كثيراً قوى كل من القنبلتين اللتين ألقيتا على اليابان . تتسبب الإنفجارات الذرية والنووية سواء سلمياً أو حربياً فى حدوث تلوث إشعاعى قاست منه البشرية ، وظهرت آثاره على من نجا من قنبلتى هيروشيما وناجازاكى ، ومن بعض المفاعلات النووية السلمية الذى حدث منها تسرب كما فى مفاعل تشرنوبيل بأوكرانيا.

وعموما يمكن تقسيم مصادر التلوث الذى يصيب الهواء والماء والأرض إلى مصادر متحركة ومصادر ثابتة. المصادر المتحركة تشمل السيارات والأوتوبيسات والدراجات البخارية ووسائل النقل الثقيل والقطار والطائرات والصواريخ وسفن الفضاء والبواخر وناقلات البترول. ويرجع تلوث المصادر المتحركة إلى حرق الوقود وما يحتويه عادمها من غازات كربونية وكبريتية ونيتروجينية ومواد هيدروكربونية طيارة ورصاص. أما مصادر التلوث غير المتحركة فتشمل المصانع ومحطات توليد الكهرباء والمبانى التجارية والورش والمساكن ، وترجع ملوثاتها إلي الجمع بين منتجات حرق الوقود ومخلفات صناعية أخرى.

رغم أن وسائل النقل الميكانيكية التى تصنع حاليا قد أجرى عليها تحسينات كبيرة وعلى ما تبثه من غازات ملوثة بالجو، فقد تحسنت عمليات إحراق الوقود وزادت كفاءته وقل ما تبثه من ملوثات بما يعادل 60% إلى 80% عن مثيلاتها التى صنعت عام 1960، إلا أنه نظرا للزيادة الكبيرة فى أعدادها وفى زيادة مدد تشغيلها فإنها تعتبر مسئولة عن حوالى 50% من المركبات الكربونية العضوية الطيارة وأكاسيد النيتروجين المنتجة للأوزون وحوالى 90% من غاز أول أكسيد الكربون المبث فى جو المدن .

ما ذكرناه يمثل أهم مصادر التلوث البيئى، والتى ساهمت مع غيرها فى بعض الظواهر العامة ، تذكر منها التأثير الصوبى والذى يعتقد الكثير بأنه سوف يؤدى إلى إرتفاع درجة حرارة الجو مع ما يتسبب عن ذلك من إسالة لجبال الجليد فى القطبين، وبالتالى سوف يتسبب فى ارتفاع مستوى مياه البحار والمحيطات ، مما سوف ينتج عنه من غرق للسواحل والمدن الساحلية . ومن الظواهر التى حدثت نتيجة للتلوث تكون ثقوب الأوزون فى طبقات الجو العليا، وما تبع ذلك من آثار ضارة على الأحياء ، من ذلك إنتشار مرض سرطان الجلد وإصابة العيون بالمياه البيضاء. والظاهرة الثالثة التى نتجت عن التلوث ظاهرة تساقط الأمطار الحامضية والتى أدت إلى حموضة بعض البحيرات مؤثرة على الأحياء المائية، كما تسببت فى الإضرار بالمزروعات والغابات، كما أضرت بالمبانى والتماثيل والآثار فشوهت من مظهرها وقللت من أعمارها .

بجانب التلوثات الكيميائية والإشعاعية إنتشرت تلوثات أخرى نتجت عن الإختراعات والتقنيات الحديثة فظهر التلوث السمعى الناتج عن الأصوات المرتفعة الضارة بالصحة الجسمية والنفسية والناتجة عن إستخدام أجهزة تكبير الصوت والتى تستخدم فى الأفراح والأتراح والآلات الموسيقية الصاخبة وأجهزة تكسير الصخور

والأسفلت ، واستخدام ابواق السيارات دون داع ، بالإضافـة إلـى الأصـوات الناتجة عن الطائرات النفاثة والأخرى التى تخترق حاجز الصوت .

إضافة إلى التلوثات السابقة ، نذكر التلوثات البيولوجية ، وهى ناتجة عن وجـود وتكاثر كائنات حية غريبة تنتشر فى الأوساط المختلفة محدثة تأثيرات ضارة بصحة الإنسان وغيره من الكائنات المتوطنة طبيعياً فى تلك الأوساط ، وقد تحدث أمراضا أو تفرز سموما أو تسبب فى حدوث خلل فى التوازن الطبيعى للأحياء أو تنافسا فى الحصول على مصادر الغذاء، وغير ذلك من المضايقات.

عموماً فإن معظم التلوثات تنتج عن حرق الوقود وإستخدام المبيدات وتوزيع القمامة والصرف الصناعى والصرف الزراعى والصرف الصحى، مما سيأتى تفسيره.

حـرق الوقـود

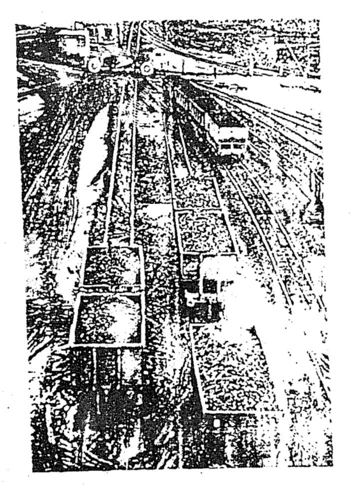
ما نستخدمه عادة كوقود هو وقود بيولوجى ، إما أن يكون حفرياً أو متجدداً. كافة أنواع الوقود البيولوجى ذات أصل عضوى ، سواء كان الأصل نباتياً أو كان حيوانياً. تحتوى كافة المواد العضوية على عناصر ثلاثة ؛ الكربون والأيدروجين والأكسوجين. وبعض المواد العضوية يوجد بها بجانب تلك العناصر الثلاثة عناصر أخرى أهمها النتروجين والكبريت.

الوقود الحفرى هو ناتج أحياء نباتية أو حيوانية سادت فى عصور جيولوجية قديمة، ثم طمرت فى باطن الأرض بفعل عوامل طبيعية كالزلازل أو حدوث إنخفاضات أو ثورة براكين، أو كانت تلك الأحياء فى مياه عميقة ثم ردمت بفعل العوامل الطبيعية. فى جميع تلك الأحوال حدثت للأحياء المطمورة تحلل بيولوجى بفعل كائنات دقيقة ، ثم تعرضت لضغوط شديدة ودرجات حرارة مرتفعة أدت بمرور الزمن إلى حدوث تغييرات جوهرية وعمليات كيميائية إختزالية، ففقدت كثيراً من محتواها الأكسوجينى وأصبحت تتكون أساساً من عنصرى الكربون والإيدروجين فتكون عن ذلك البترول والغازات الطبيعية وهى من المركبات الهيدروكربونية. وفى حالات أخرى فقدت المادة العضوية معظم ما بها من أكسوجين وأيدروجين وأصبحت تتكون أساساً من الكربون ونتج عن ذلك الفحم (شكل18) .

جميع المواد العضوية المحجوزة فى ترسيبات بالأرض هى أصلاً مواد صلبة ، القليل منها تحول إلى الحالة السائلة أو الغازية مع الإرتفاع المناسب لدرجات الحرارة التى عرضت لها ، والكميات الصلبة التى تبقت وتعرضت لدرجات حرارة أعلى من السابق وضغوط أكبر تحولت إلى صخور زيتية oil shales .

كان المعتقد حتى عهد قريب أنه قبل حوالى 570 مليون سنة أى قبل الحقبة الكمبرية cambrian period لم يكن للبترول أو غازات البترول وجود ، ولكن ثبت من بعض الصخور الحاملة للبترول أنها تكونت بكميات قليلة فى الحقبة الأولى proterozoic period منذ 1000 مليون إلى 2500 مليون سنة .

يعتبر الوقود الحفرى وقودا نافدا إذ أن ما يستهلك منه لا يعوض ويحتاج تجديده إلى ملايين السنيين ، أما الوقود البيولوجى المتجدد فهو الوقود الناتج عن إستخدام أحطاب النباتات أو المواد العضوية الناتجة عن الحيوانات ، كما تشمل السوائل والغازات القابلة للإشتعال والناتجة عن تحلل الأحياء الحاليين ، كغازات الكحول والبيوجاز.



شكل 18 : نقل الفحم من المناجم بالقطارات

الفحـــــــم

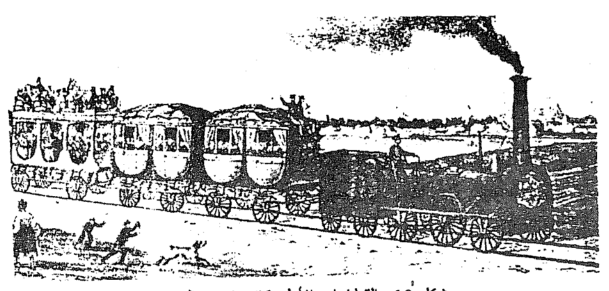
الفحم هو أول وقود حفرى إستخدم على نطاق تجارى ، فقد كان مصدر الطاقة التى إستخدمت عند قيام الثورة الصناعية فى أوائل القرن الثامن عشر بإنجلترا . يمثل الفحم أكبر مخزون لوقود حفرى ، حيث يقدر المخزون الحالى منه فى باطن الأرض بحوالى 13800 بليون طن ؛ 43% منها فى دول الإتحاد السوفيتى السابق و29% فى أمريكا الشمالية و 14.5% منها فى دول آسيا الأخرى و 5.5% منها فى أوربا ، والباقى وقدره 8% موزع فى باقى دول العالم . مخزون الفحم العالمى أكبر بكثير من المخزون الإحتياطى للبترول عالميا ، لذلك فإنه من المتوقع أن يكون الفحم آخر طاقة حفرية تستخدم على نطاق واسع على وجه الأرض . ومن المقدر الإنتهاء من مخزون الفحم فى باطن الأرض خلال القرن الثلاثين ، أى بعد ألف عام من الآن.

كان الفحم يمثل 80% من الطاقة المستخدمة حتى عام 1920 (شكل19). وبظهور البترول والغاز الطبيعى قلت معدلات إستهلاك الفحم ، ولكنه إستمر حتى عام 1965 المصدر الأول للوقود فى العالم ، بعدها حلت السيادة للبترول ومنتجاته فى سوق الوقود ، غير أنه منذ عام 1980 إتضحت أهمية الطاقة النووية التى بدأت تحل جزئيا محل البترول وخاصة فى محطات توليد الكهرباء . حاليا يستهلك من الفحم على مستوى العالم ما يعادل 29% من مجمل الإستهلاك العالمى من الطاقة الأولية * ، وبذلك يعتبر الفحم المصدر التالى فى الوقود المستهلك بعد البترول الذى يقدر الإستهلاك العالمى منه حوالى 38% من الطاقة المستخدمة . وتعتبر الصين أكبر مستخرج للفحم ، فمنها يستخرج 20% من الفحم المستخدم عالميا ، يليها فى ذلك الولايات الأمريكية التى تستخرج 18% ثم وسط أوربا بنفس النسبة ، ثم دول الإتحاد السوفيتى السابق والتى تستخرج حوالى 15% من المستخرج عالميا .

* الطاقة الأولية هى الطاقة التى لا تتولد عن طاقة أخرى ، فطاقة الكهرباء التى تنتج عن وجود الفحم أو البترول ليس طاقة أولية بل هى طاقة ثانوية .

الفحم مادة صلبة لونها بني داكن إلى أسود ، تتكون أساسا من كربون غير بلوري مختلط بمواد عضوية وغير عضوية . تكون الفحم ، من نباتات وطحالب كانت موجودة من ملايين السنين ، بالترسيب والتحليل تحت ظروف لا هوائية .

بالتقطير الإتلافي للفحم وذلك بتعريضه لدرجات حرارية مرتفعة في جو خالي من الأكسوجين يمكن الحصول على غاز الفحم coal gas وقار الفحم coal tar، والأخير سائل أسود لزج يستخدم كمادة خام في كثير من الصبغات والدهانات والأدوية وكمادة عازلة للرطوبة في المباني . ويستخدم غاز الفحم في الإضاءة ، ويعرف بغاز الاستصباح، والذي يحتوي على 50% إيدروجين و 30% ميثان ، وهو غاز سام نظرا لإحتوائه أيضا على أول إكسيد الكربون . يتبقى عن التقطير الإتلافي للفحم ، فحم الكوك coke الذي يحتوي على 80% كربون ، ويستخدم كوقود غير مدخن ، كما يستخدم صناعيا في تنقية كثير من المعادن مثل النيكل والصلب والألومنيوم، من خاماتها . يمكن الحصول على فحم الكوك أيضا من البترول بتقطيره إتلافيا . يستخدم فحم الكوك في صناعة الجرافيت بخلطه بمسحوق الرمل وسحقهما معا ، كما يستخدم في صناعة حجر الجلخ وحجر البطارية والورق المصنفر .



شكل 19 : القطارات الأولى كانت تسير بالفحم

يوجد الفحم فى الطبيعة ، فى طبقات رسوبية أفقية يختلف سمكها من بضعة سنتميترات إلى عدة أمتار ، أو يوجد فى عروق تمتد رأسيا أو بميل إلى أسفل وسط صخور رسوبية . يتكون معظم الفحم من أخشاب وأوراق وجذور نبات غابات سرخسية كثيفة كانت نامية فى أرض مستنقعات فى حواف القارات وبعضها إمتد إلى داخل القارات . تحللت تلك النباتات بفعل كائنات دقيقة وتحولت إلى كتلة جيلاتينية من الدبال.

بدأ تكوين الفحم فى العصر الديفونى Devonian period ومعظمه تكون فى العصر الكربونى Carboniferous period منذ حوالى 300 مليون سنة ، فى شمال أمريكا وأوربا وآسيا حيث كان الجو دافئا والأمطار غزيرة مما ساعد على تكوين المستنقعات على نطاق واسع . عند إرتفاع مياه البحر ، وكان ذلك يحدث على فترات طويلة ، تموت أشجار الغابات الساحلية بفعل ملوحة مياه البحر ، وعندما تتراجع المياه أو يرتفع سطح أراضى الغابات السابقة بترسيب أراضى أخرى عليها تظهر نموات نباتية جديدة وتنشأ غابات أخرى فوق بقايا الغابات السابقة المتحللة بفعل البكتيريا والفطريات والطحالب النامية عليها ، وينشأ عن ذلك تكوين الدبال peat ، والذى يظهر فى شكل طبقة إسفنجية بنية داكنة إلى سوداء. تحت ضغوط التربة والرمال فوقها ينضغط الدبال متحولا إلى رقائق مضغوطة تعرف بالخشب المتفحم lignite . يحتوى الخشب المتفحم على معدلات عالية من الشوائب وتقدر طاقته الحرارية بحوالى 1900 إلى 5000 سعر/ جرام . وبمرور الزمن وإزدياد الضغوط المعرضة له يفقد الخشب المتفحم ماء أكثر ويزداد إنضغاطه كما يفقد كثيرا من مواده الطياره ويتحول لونه إلى الأسود ، وقد يكون لامعا لدرجة ما ويصبح فحما ويصل حجمه إلى حوالى 7% من الحجم الأصلى للنباتات .

يعتبر الخشب المتفحم أردأ أنواع الفحم ، يليه فى الأفضلية الفحم البيتومينى bituminous coal ، ويتراوح محتواه من الشوائب من 10% إلى 45% ، ويعطى

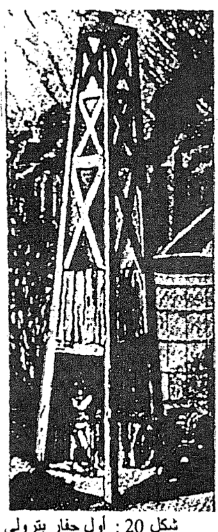
عند إشتعاله طاقة حرارية تتراوح ما بين 6500 إلى 7000 سعر/ جرام . أجود أنواع الفحم هو فحم الأنثراسيت anthracite coal ، إذ أنـه الأقـل شـوائبا ، وبالتـالى الأقل تلويثا للجو ، ويعطى عند إحتراقه 7500 إلى 7800 سعر/ جرام .

معظم الإستخدامات الحالية للفحم تتم لتشغيل محطـات القوى الكهربائيـة التى تعمل بالحرارة ، حيث تستهلك حوالى 50% من الفحم المستخرج عالميا ، يليـها فى ذلك مصانع الحديد التى تستهلك حوالى 20% من الفحم المستخرج .

يعتبر الفحم أكبر ملوث للجو عند إستخدامه للحصول على طاقة للعمل أو للتدفئة. وقد قدر أنه لإنتاج طاقة كهربائية قدرها مليون كيلـووات / سـاعة مـن محطـة توليد كهرباء تحصل على طاقتها من الفحم ، فـإن تلـك المحطـة سـوف تبـث فـى الجو 6 مليون طن من غاز ثانى أكسـيد الكربـون سـنويا ، تحتـاج للتخلـص منـها إلـى غابة مساحتها 600 كيلو متر مربع (60 ألف هكتار) ، وبجانـب غاز ثانى أكسيد الكربـون الذى يتصاعد عند إحتراق الفحم فإن ما بـه مـن شـوائب تـؤدى إلـى تصـاعد أكاسيد الكبريت والنتروجين . ويمكن تخفيض التلوث الناتج عن حـرق الفحـم بحقنـه بحجر الجير الذى يتفاعل مع ثانى أكسيد الكبريت متحولا إلـى جبـس ($CaSO_4$) ، وتعتبر هذه العملية مكلفة إذا ما قورنت بعمل المداخن شديدة الإرتفاع والإعتماد على الرياح فى توزيع الغازات الناتجة. ولكن يجب أن لا ننسى أيضا الأضرار الناتجة عن إنتقال الملوثات بفعل الرياح إلى أماكن بعيدة عن مصادر حرق الوقود.

تمت محاولات لإسالة الفحم وذلك عن طريق هدرجته لتحويلـه إلـى منتـج شبيه بالمنتجات البترولية السائلة . كذلك توجد محاولات أخـرى لتحويـل الفحـم إلـى غـاز يستخدم كوقود عن طريق الهدرجة مثل غاز الميثان (CH_4) . وقد جرت فى الإتحـاد السوفيتى السابق محاولات ناجحة لذلك داخل مناجم الفحم وذلك بحقن المنجم ببخـار الماء المضغوط عن طريق أنبوبة معدنية ثم يحصل على الغازات الناتجة عن تفاعل بخار الماء مع الفحم محملة بأول أكسيد الكربون والأيدروجين.

البتـــــرول


شكل 20 : أول حفار بترولى

عرف البترول فى الشرق منذ أزمنـة بعيـدة ، فقد كـان يرشـح مـن الأرض أو يتدفق فى صـورة نـافورات ويتجمـع فـى بعض الأماكن المنخفضة مكونا بركا من سائل أسود زيتى القوام ، كريه الرائحة . قـابل للإشـتعال. إسـتخدم المصريـون القدماء النفط الخام فى التحنيط وفى بنـاء المعـابد ، كمـا إسـتخدم طبيـا فــى عــلاج الرومـاتيزم وبعض الأمـراض الجلديــة كـالجرب و الـبرص . وإسـتخدم النفــط المشـتعل حربيـا لمحاولــة فـك حصـار العــرب للقســطنطينية ســنة 673 ، وإستخدمه المصريـون سنة 1250 ضـد الفرنسيين فى موقعة البحر الصغير.

أول محاولـة لإسـتخراج البـترول مـن بـاطن الأرض تـم فـى الولايـات المتحـدة الأمريكية سنة 1859 حين أقام إدوين دريك Edwin Drake أول حفـار بدائيـة خشـبية ببنسلفانيا وتفجر منها البترول من عمق 23 متر، وكان إنتاجها اليومى حوالـى 1700 لتر يوميا (شكل 20) .

بدأت نشأة البترول على الأرض منذ ملايين السنين ، وقد حدث ذلك فى أراضـى كانت مغمورة بالميـاه حيث كـانت تترسـب عليـها بقايـا أحيـاء حيوانيـة ونباتيـة بعـد موتـها، ثم تتحلل بفعل كائنات دقيقة ، وتتراكم بعضـها فوق بعـض ، كمـا تترسـب فوقـها

طبقات من الصخور الرسوبية . وتحت تأثير الضغوط الشديدة ودرجات الحرارة المرتفعة تنضغط المواد العضوية وتفقد كثيرا من مائها وتختزن متحولة إلى مواد أخرى ، تتكون معظمها من عنصرى الكربون والأيدروجين وبعض الشوائب الأخرى .

وحاليا يعتبر البترول الخام المصدر الأول للطاقة على مستوى العالم ، كما أنه يعتبر أقوى صناعة عالمية ، فقد قدر الإستهلاك العالمى منه سنة 1987 بحوالى 3 بليون طن ، وهذا القدر يمثل 38% من الإستهلاك الأولى للطاقة فى العالم . معظم البترول المستخدم عالميا يستخرج من منطقة الشرق الأوسط ؛ بما يعادل 24% من المستخرج العالمى ، يليها فى ذلك دول الإتحاد السوفيتى السابق؛ بما يعادل 21% ، ثم أمريكا الشمالية فأمريكا الجنوبية بقيمة 18% و 11% على التوالى.

وقد تسببت الأزمات الإقتصادية الناتجة عن إرتفاع أسعار البترول عقب حرب السويس سنة 1973 إلى حفز الدول الصناعية نحو العمل على تنويع مصادر الطاقة والحد من الإعتماد على البترول كمصدر رئيسى للطاقة . كان من نتائج ذلك ، العمل على تقليل إستهلاك السيارات للبترول بتقليل أوزانها وتحسين أداء محركاتها ، وقد نتج عن ذلك إنخفاض معدل إستهلاك السيارة من البترول من 20 لتر لكل 100 كيلومتر سنة 1970إلى 8 لتر لكل 100 كيلومتر سنة 1990، ولا زال التحسين مستمرا ، ومن المتوقع الوصول إلى سيارات تستهلك 3 لتر فقط لكل مائة كيلومتر .

تعتبر وسائل النقل الحديثة أهم مصادر التلوث بالمدن ، ذلك أن معدل ما تبثه سيارة خاصة متوسطة أثناء سيرها حوالى 60 مترا مكعبا من العوادم فى الساعة الواحدة ، وأن كل لتر واحد من البنزين تستهلكه السيارة ينتج عنه بث حوالى 2.3 كيلوجراما من غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو. وتقدر أعداد السيارات التى تجرى فى شوارع العالم اليوم بحوالى 500 مليون سيارة ؛ 75% منها تسير داخل المدن .

وان 95% من وسائل النقل تستخدم منتجات البترول كوقود ، فالسيارات تمون معظمها بالبنزين أو السولار ، والطائرات النفاثة تستخدم الكيروسين ، ومعظم الأساطيل البحرية وقودها من المازوت . وحاليا يوجد إتجاه للإستفادة من الغاز الطبيعى فى تسيير السيارات . وفى البرازيل يوجد إتجاه لإستخدام كحول الأيثايل كمصدر للطاقة. ومنذ عام 1990 بدأ تسويق سيارات تعمل بالكهرباء فى اليابان وفرنسا وأمريكا الشمالية . وبعض الشركات تجرى الدراسات لإستخدام غاز الأيدروجين كوقود سيارات .

يوجد البترول عادة ، فى طبقات عميقة تصل إلى عدة آلاف من الأمتار تحت سطح الأرض وأحيانا تحت قاع البحار فى المناطق الساحلية . يستخرج البترول بواسطة حفارات عملاقة فى صورة سائل لزج أسود اللون ، ثم تجرى عليه عمليات التنقية والتقطير للحصول على العديد من المنتجات الغازية والسائلة والصلبة . من الغازات الناتجة طبيعيا وتكون مصاحبة لزيت البترول ، غازات الميثان (CH_4) والإيثان (C_2H_6) والبروبان (C_3H_8) والبوتان (C_4H_{10}) . يسيل البروبان والبوتان ويعبآن فى أنابيب البوتاجاز ويستخدمان كوقود فى المنازل وأحيانا كوقود للأوتوبيسات والسيارات .

من غاز الميثان يمكن الحصول على غاز الأيدروجين (H_2) ، الذى يتوقع له مستقبل كبير كوقود نظيف ينتج عن إحتراقه تكون بخار ماء.

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

كذلك يمكن الحصول على غاز النشادر (NH_3) بتفاعل الأيدروجين مع النتروجين الجوى .

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

ومن الميثان أيضا يمكن الحصول على كحول الميثايل المعروف بالميثانول (CH_3OH) المذيب العضوى ، وعلى الفورمالدهيد ($HCHO$) المستخدم كمادة

مطهرة وحافظة ، كما يدخل فى الصناعات البلاستيكية . كذلك يمكن الحصول على غاز الاسيتيلين (C_2H_2) من الميثان ، ويدخل الميثان وكذلك الاسيتلين فى صناعة كثير من اللدائن والمنسوجات الصناعية .

من غاز الإيثان يصنع رابع إيثيل الرصاص الذى يضاف إلى البنزين لإصلاح خواصه ، وإليه يرجع التلوث الكبير بالرصاص فى جو المدن المزدحمة بالسيارات.

تنتج غازات أخرى تصحب عمليات التقطير الإتلافى لزيت البترول منها الإيثيلين (C_2H_4) والبروبيلين والبوتيولين ، وقد أمكن الاستفادة منها فى كثير من الصناعات البتروكيميائية ، ومن المركبات الأخرى التى تنتج عن تقطير البترول البنزين العطرى والستروين والفينول والنتروبنزين والتولوين .

ومن المنتجات السائلة للتقطير الإتلافى لزيت البترول ، الجازولين والمعروف بالبنزين والكيروسين وزيت الديزل والسولار والمازوت . يعتبر الجازولين الوقود الأمثل للسيارات والطائرات . ونظرا لإزدياد الطلب عليه فقد ضوعف إنتاجه عن طريق التكسير الحرارى للكيروسين . يستخدم الكيروسين فى الطهى والإضاءة ، كما يستخدم فى التنظيف لإزالة الشحوم والدهون .

زيت الديزل يستخدم كوقود لمحركات الديزل ، وهى المحركات التى تمتاز بقدرتها على الإشتعال الذاتى عند إرتفاع درجة الحرارة ، بفعل ضغط الهواء ، دون إحداث شرارة .

يستخدم السولار كوقود لكثير من القاطرات والآلات الزراعية والأفران والمكابس بعد أن حل محل الفحم . أما المازوت فيستخدم فى تسيير الجرارات وبعض أنواع السيارات ، كما يستخدم فى أفران صهر الحديد مع الهواء الساخن ، حيث يقوم برفع درجة حرارة الإنصهار وإختزال الأكسوجين .

بعض منتجات البترول كثيفة القوام شديدة اللزوجة سوداء اللون ، قد تصل إلى الصلابة ، من ذلك القار (البيتومين) الذى يستخدم كمادة عازلة للمياه والصوت والحرارة ، وقد إستخدمه المصريون القدماء فى التحنيط وفى رصف الطرق .

ما ذكرناه هو عدد ضئيل جداً من منتجات الصناعات البتروكيميائية وجميعها مطلوبة لأغراض خاصة تختلف من منتج إلى آخر ، وهى أيضاً إضافات كبيرة للبيئة لا تخلو من أضرار بها رغم فوائدها والحاجة إليها .

الغاز الطبيعى

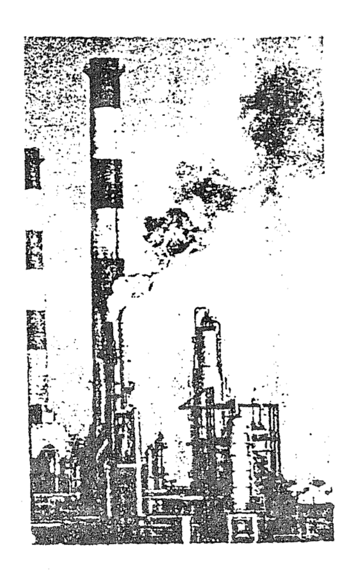
تتشابه نشأة الغاز الطبيعى مع نشأة البترول ، فكلاهما نشأ عن ترسيب وتحلل كائنات حية مائية فى جو خال من الأكسوجين ، لهذا كان البترول والغازات الطبيعية متلازمين ، فالبترول يمثل المكون السائل للتحلل والغازات الطبيعية تمثل المكونات الطيارة . الغازات الطبيعية وبخاصة غاز الميثان هى أصغر وأخف المكونات الهيدروكربونية . قد توجد هذه الغازات بكميات صغيرة ذائبة فى الزيت الخام ، وقد توجد بكميات كبيرة فوق تجمع بترولى ، أو قد توجد فى تجمع مستقل قريباً من بئر بترولى .

يتكون الغاز الطبيعى أساساً من غازى الميثان وأول أكسيد الكربون ومعهما آثار من كبريتيد الإيدروجين . وعند الإحتراق التام يتحول غاز الميثان إلى ثانى أكسيد الكربون وماء ، ويتحول أول أكسيد كربون إلى ثانى أكسيد الكربون .

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

$$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$$

تكمن الخطورة من الغاز الطبيعى عند تسربه دون إحتراق نظرا للسمية الشديدة لغاز أول أكسيد الكربون . ونظرا لوجود الغاز الطبيعى عادة مرافقا للبترول الخام، فقد كانت نسبة كبيرة من هذا الغاز يعاد حقنها فى حقول البترول أو تشعل ، لهذا كنا كثيرا ما نرى المشاعل العظيمة تنير الصحراء فى مناطق البترول بدول الخليج (شكل 21) .



شكل 21 : الغاز الطبيعى يشعل عند خروجه فى أحد حقول البترول

يعتبر الغاز الطبيعى أقل الطاقات الحفرية إستهلاكا ، فيقدر ما يستهلك منها عالميا بحوالى 23 % من جملة المستهلك العالمى من الوقود الحفرى ، مقابل 43 % من البترول و 34 % من الفحم . وقد زاد المستهلك من الغاز كثيرا خلال النصف الأخير من القرن الحالى ، فقد كان الإستهلاك منه سنة 1950 يمثل 9 % من إستهلاك الوقود الحفرى ، زاد إلى حوالى 19% سنة 1973 . كان إستهلاك الغاز الطبيعى حتى عهد قريب منحصرا فى دول الشمال الصناعية والتى كانت تستهلك حوالى 93 % من إنتاجه سنة 1950 ثم تناقص المعدل إلى 70% سنة 1973 ثم إلى 67% سنة 1987 وذلك لدخول الدول النامية فى دائرة الاهتمام بالغاز الطبيعى. فبعد أن كانت الدول النامية تستهلك 2 % فقط من إنتاج الغاز الطبيعى سنة 1950 أصبحت تستهلك 14% سنة 1987 .

ساعد على زيادة معدلات إستخدام الغاز الطبيعى إمكانية نقله لمسافات طويلة تزيد عن ستة آلاف كيلومتر ، عبر أنابيب أرضية ذات ضغط عالى . كما أن الطرق الحديثة لإسالة الغاز وإعادته ثانية إلى الحالة الغازية سهلت من إمكانية النقل إلى مسافات أبعد من ذلك . إضافة إلى ذلك فإن الغاز الطبيعى يعتبر أقل أنواع الوقود الحفرى تلويثا للبيئة. وحاليا يجرى توسع كبير فى إستخدام الغاز الطبيعى بالمنازل عبر شبكة أنابيب بكثير من مدن العالم النامى ، كما يتوسع أيضا فى إستخدام الغاز الطبيعى فى تسيير السيارات .

الوقود البيولوجى المتجدد

قبل التوسع فى إستخدام الطاقات الحفرية كانت مصادر الطاقة الرئيسية التى إستخدمها الإنسان تتمثل فى الطاقات البيولوجية الناتجة عن مصادر نباتية وحيوانية متجددة ، تشمل الأحطاب والأخشاب ومخلفات الحيوان ، إضافة إلى طاقة عمل الإنسان والحيوانات المستأنسة . ففى عام 1870 كانت الطاقات البيولوجية المتجددة تمثل 68 % من مجمل الطاقات المستخدمة ، وقرب نهاية القرن التاسع عشر كانت

تلك الطاقات البيولوجية المتجددة تتعادل فى إستخداماتها مع مجمل الطاقات غير المتجددة المستخدمة والتى كان معظمها من الفحم . ومن ذلك الوقت بدأت الطاقات غير المتجددة تتزايد فى معدلات إستخداماتها سريعا ، فى حين بدأت الطاقات المتجددة فى التناقص .

تعتبر الأحطاب والأخشاب الوقود الأول الذى عرفه الإنسان ، وكانت تلك المعرفة مرتبطة باكتشافه للنار ، ويعتبر ذلك أيضا هو بداية الإنسان فى تلويثه للبيئة، إلا أن قلة أعداد الإنسان وقدرة البيئة على تنظيف نفسها لم تشعر الإنسان بأية أضرار ناتجة عن ذلك. الأحطاب هى كافة المخلفات النباتية من سيقان وأوراق وبقايا ثمار بعد جمع المحصول ، أما الأخشاب فإنها تتكون من سيقان وأفرع أشجار معمرة بعد إزالة القلف الخارجى ، وعادة تستخدم الأحطاب والأخشاب الرديئة النوعية والأفرع النحيلة للأشجار الخشبية ومخلفات صناعة الأخشاب كوقود.

بالنسبة للمخلفات الحيوانية نجد أن روث الحيوانات يشيع إستخدامه وقودا بعد تجفيفه فى الهواء ، فى الدول الفقيرة وخاصة فى المناطق الريفية ، خاصة أن الماشية والأغنام حيوانات آكلة أعشاب وروثها يحتوى على أجزاء غير مهضومة من غذائها النباتى .

المخلفات العضوية النباتية والحيوانية والتى تنتج عن مخلفات الغذاء المنزلى ومخلفات المطاعم ونواتج تقليم الأشجار والمخلفات المزرعية والتى تتجمع كقمامة للمدن والقرى يمكن تخميرها لا هوائيا والحصول منها على غازات قابلة للاشتعال وتعرف بالبيوجاز biogas وتستخدم كوقود متجدد . كما يمكن تحويل الأحطاب والأخشاب غير المطلوبة فى الصناعة إلى فحم نباتى charcoal وذلك بحرقها فى غياب الهواء.

جميع مصادر الطاقات البيولوجية حفرية أو بيولوجية متجددة ، تعطى عند إحتراقها غازات تؤثر تأثيرا ضارا على البيئة ، إضافة إلى أن مصادر الطاقات الحفرية محدودة الوجود وغير متجددة ، لهذا وجب التفكير فى طاقات أخرى بديلة ونظيفة تحل محل الطاقات البيولوجية ولا تضر بالبيئة ، نذكر فيما يلى بعضا منها.

الطاقة الشمسية المباشرة : تمكن العلماء من الإستفادة من حرارة الشمس بعد تركيزها بإستخدام العدسات أو المرايا ، واستخدمت تلك الحرارة فى تسخين المياه والطهى والتدفئة ، وقد أمكن تحويل الحرارة الشمسية إلى طاقة كهربائية وأبسط الطرق لذلك هى إستخدام حرارة الشمس فى تسخين الماء لدرجة الغليان ثم تمرير بخار ماء فى مولدات للكهرباء للحصول على كهرباء يمكن الإستفادة منها فى الإضاءة وتشغيل الأجهزة الكهربائية . وقد أمكن حاليا صناعة بطاريات من خلايا كهروضوئية photoelectric cells تستخدم فى تشغيل الحاسبات الإلكترونية وفى إمداد الأقمار الصناعية وسفن ومحطات الفضاء بحاجتها من الكهرباء .

الطاقة الحرارية الجوفية : من المعروف أنه كلما تعمقنا فى باطن الأرض كلما إرتفعت درجة الحرارة . وتقدر هذه الزيادة الحرارية بدرجة واحدة مئوية لكل 30 إلى 35 متر عمق . هذه الطاقة الحرارية الجوفية geothermal energy قد تظهر على سطح الأرض فى شكل ينابيع فوارة من المياه الحارة والتى قد تصل حرارتها إلى درجة حرارة غليان الماء ، وتتوقف حرارة الينبوع على عمق الطبقة الحاملة للماء ، وقد تظهر الطاقة الحرارية فى صورة أبخرة حارة تتدفق من باطن الأرض . توجد مثل هذه الينابيع الساخنة بمصر قريبا من خليج السويس فى حمام فرعون وعيون موسى وسدر ، ومن الممكن الإستفادة من هذه الطاقة الحرارية فى توليد طاقة كهربائية تخدم التجمعات السكانية حولها . وقد إستخدمت هذه الطاقة فى بعض الدول للتدفئة ، ففى مدينة ميلن Melun بفرنسا حفر بئر ماء فى طبقة جوفية على عمق

1800 متر حيث ترتفع حرارة الماء الجوفي حوالي 60° م عن حرارة الجو على سطح الأرض . أمكن إستخدام هذا الماء في تدفئة 2000 مسكن عن طريق أنابيب يسحب خلالها الماء الجوفي الساخن ثم يمرر خلال شبكة توزيع داخل حجرات المساكن ، ثم يعاد الماء ثانية بعد برودته إلى جوف الأرض ، وهكذا .

الأيدروجين : الأيدروجين غاز خفيف ، بل هو أخف عناصر الكون ، عديم اللون والرائحة غير سام وسهل الاشتعال ، ويعطي باشتعاله طاقة تعادل ضعف الطاقة الناتجة عن نفس الوزن من وقود بترولي ، وهو كوقود غير ملوث للجو ، إذ أن ناتج إحتراقه هو بخار ماء.

$$2\,H_2 + O_2 \longrightarrow 2\,H_2O$$

إستخدام الإيدروجين كوقود ليس جديد فقد كان غاز الإستصباح والمستخرج من الفحم يحتوي على حوالي 50 % منه إيدروجين .

يمكن الحصول على الإيدروجين من الماء وذلك بالتحليل الكهربائي. وقد أمكن أيضا الحصول عليه من غاز الميثان .

حاليا يستخدم الإيدروجين السائل في إطلاق صواريخ الفضاء ومكوك الفضاء . وقد نجحت تجارب إستخدام الإيدروجين في تسيير السيارات ، وتخطط بعض شركات الطيران لإستخدام وقود الأيدروجين السائل في تسيير الطائرات النفاثة.

العقبة الحالية للتوسع في إستخدام الايدروجين هو إقتصادياته مقارنة بالوقود الحالي وضرورة حفظه سائلا في خزانات معزولة على درجات حرارة تقل عن -250° م .

الطاقة الكهربائية الأولية : الطاقة الكهربائية الأولية هى الطاقة التى لا تنتج عن طاقة من مصدر آخر كان تكون ناتجة عن حرق وقود حفرى . من أهم مصادر هذه الطاقة مساقط المياه وحركة الرياح والمد والجزر ، حيث تقوم المياه الساقطة من أعلى لأسفل فى حالة مساقط المياه (شكل 22) أو مياه المد عند إنحسارها ، ويقوم الهواء فى حالة الرياح بتشغيل توربينات مولدة للكهرباء . وفى مصر يعتبر السد العالى من أكبر مصادر توليد الكهرباء .

قدر الإنتاج الكهربائى الهيدروليكى على مستوى العالم سنة 1987 بحوالى 20% من الإنتاج العالمى للطاقة الكهربائية مقابل حوالى 39% طاقة كهربائية ثانوية تنتج عن حرق الفحم و 13% ناتجة عن حرق الغاز الطبيعى و 12% ناتجة عن حرق البترول و 16% تنتج عن استخدام طاقة نووية .



شكل 22 مساقط المياه ممكن الإستفادة منها فى توليد طاقة كهربائية أولية

المبيـــــــدات

المبيدات pesticides هى مواد كيميائية مصنعة وقد تكون طبيعية ، تضعف أو تقتل الآفات ومسببات الأمراض التى تصيب النباتات والحيوانات والإنسان. تستخدم المبيدات زراعياً لحماية المحاصيل ضد أمراضها وآفاتها ، ومنزلياً لمقاومة الحشرات الطائرة والزاحفة والعناكب والفئران وغيرها من الآفات ، وطبياً ضد العوائل الحاملة لمسببات الأمراض ، فتستخدم ضد البعوض عند مقاومة الملاريا والحمى الصفراء ، وضد القواقع عند مقاومة البلهارسيا. تدخل المبيدات أيضاً فى تركيب بعض الأدوية والمراهم للقضاء على قمل الرأس ، وضد بعض الفطريات التى تصيب الأذن وما بين أصابع الأرجل.

تعتبر المبيدات من الملوثات الكيمائية الخطيرة على الأوساط البيئية ، فهى كما تحدث أضرارا بالآفة الموجهة ضدها وقد تبيدها ، فهى أيضا قد تضر بالأحياء الأخرى إذا وصلت إليها ، فالكثير من المبيدات إذا زاد عن حده أو إستخدم فى غير موضعه أو تحت ظروف بيئية خاصة كان ضرره أكثر من نفعه ... عندئذ يصبح الدواء داءا ... والبلسم سما عضالا. وأضرار المبيدات على الأحياء المختلفة عديدة وخطيرة ... قد تسبب فى حدوث إختلال فى التوازن البيولوجى بين الكائنات ... وقد تضر أو تبيد حيوانات وطيور وحشرات وميكروبات نافعة ، كانت تساهم بوجودها فى الحد من أضرار الآفات ومسببات الأمراض قبل التوسع فى إستخدام المبيدات. ويتحمل الإنسان النصيب الأكبر من أضرار المبيدات ، إذ أنه القائم بالمكافحة الكيميائية للآفات فى المزرعة وفى المنزل ؛ فهو المحضر لها ، وهو المستخدم لها ، وهو المعرض لها مباشرة عند رشها أو تعفيرها ، حيث تصيبه خلال جهازه التنفسى أو خلال ملامستها لجلده. كذلك فإن المبيدات تصلنا خلال الغذاء الملوث وخلال مياه الشرب الملوثة بها. ونذكر فى هذه المناسبة واقعة رواها أحد علماء البيئة عن إستخدام مبيد قوى لمكافحة حشرات البعوض الناقلة لمرض الملاريا فى أندونيسيا ، فقد نجحت المبيدات المستخدمة فى إبادة البعوض لكنها فى

نفس الوقت أبادت الزنابير التى كانت تتغذى على حشرات ضارة تهاجم أسطح المنازل الريفية المصنوعة من القش ... تسببت إبادة الزنابير فى إستفحال نشاط الحشرات آكلة السليلوز ... إنهارت أسقف المنازل. كما ساهمت مبيدات البعوض فى إبادة الزنابير فقد سممت أيضا القطط ... موت القطط أدى إلى تكاثر سريع للفئران ... زيادة أعداد الفئران أدى إلى إنتشار الطاعون الدملى بين الأهالى. هكذا قضينا على البعوض فقضينا معها على الزنابير والقطط ، فهدمنا المساكن ونشرنا مرض الطاعون الذى قضى على الإنسان .

وقد كانت الباحثة راشيل كارسون Rachel Carson سنة 1962 أول من نبه وحذر من خطورة إستخدام المبيدات الكيميائية وبينت ذلك فى كتابها الشهير "الربيع الصامت" Silent spring ، ورغم تحذيرها فإن معدلات المبيدات المستخدمة تضاعف إستخدامها عدة مرات عقب ذلك ، ذلك أن الطلب على الغذاء تطلب زيادة فى إستخدام المبيدات.

فى معظم الحالات التى تستخدم فيها المبيدات ، نجد أن بعضا من أفراد الآفة المعاملة بالمبيد ، والتى تنجو منه لأنها تحمل فى تركيباتها الوراثية بعض الصفات التى تؤهلها لتحمل المبيد المستخدم. فأى كائن حى أفراده لا يتشابهون تمام الشبه ، بل يختلف كل فرد منهم عن الآخر فى بعض الصفات ، وذلك فى حدود الصفات العامة للنوع. فإذا تعرض أفراد هذا الكائن لمبيد ما يموت من أفراده الأكثر حساسية لهذا المبيد ، ويعيش من الأفراد ما هو أكثر تحملاً ، وعادة ما تكون أعداد الأفراد الناجية من فعل المبيد قليلة جداً ، إلا أن هذا العدد القليل المقاوم للمبيد يتزايد عدداً بالتكاثر. ومع تتابع أجيال الآفة ، ومع إحتمالات حدوث طفرات فى صالح الآفة ، ومع تكرار إستخدام نفس المبيد ، يحدث إنتخاب طبيعى لصفة المقاومة للمبيد ، وهذا يعنى الإزدياد المستمر لقدرة الآفة على تحمل المبيد بتوالى الأجيال ، ونصل بذلك بعد فترة من الإستخدام الدورى للمبيد إلى الدرجة التى يفقد فيها المبيد قدرته الإبادية نظرا لما حدث من تغيير وراثى فى خلايا الآفة ، عندئذ نضطر إلى الإرتفاع بجرعة

المبيد المستخدم أو إلى البحث عن مبيد آخر أكثر فاعلية ضد الآفة. ينطبق ما ذكر عن المبيدات على الأدوية والمضادات الحيوية التى تستخدم لمقاومة البكتريات والفطريات وغيرها من الآفات التى تصيب الإنسان والكائنات الحية الأخرى.

تختلف المبيدات كثيراً فى صفاتها وخواصها الطبيعية والكيميائية ، والتى تشمل قابليتها للتبخر وميلها للذوبان فى الماء أو فى الدهون ومدى ثباتها فى الطبيعة ، كما تختلف فى الأعراض التى تحدثها بالإنسان من أضرار بسيطة إلى أخطار جسيمة قد تصل إلى الموت السريع كما فى بعض المبيدات الفسفورية العضوية ، أو قد تسبب الموت البطىء كما فى حالات المبيدات الهيدروكربونية المكلورة.

من الناحية الكيميائية نجد أن المبيدات تنتمى إلى مجاميع مختلفة نذكر أهمها وأخطرها :

1 – المبيدات الفسورية العضوية organophosphates ، ومنها الباراثيون parathion والمالاثيون malthion ودايكلوروفوس dichlorovos وديازينون diazinon ، وهى مبيدات شديدة السمية متوسطة الثبات فى الطبيعة ، يبقى تأثيرها لمدة شهر إلى شهرين ، وتمتص عن طريق الجلد أو تدخل الجسم عن طريق الغذاء أو الشراب الملوث بها. تعمل هذه المبيدات على أنزيم خلات الكولين إستريز acetyl cholinestrase الذى يفرز عند نهايات الأعصاب. يقوم الإنزيم بتحليل خلات الكولين إلى كولين وحمض خليك. وفى وجود المركبات الفسفورية العضوية تتحد الإنزيمات مع هذه المبيدات الفسفورية فيفقد الإنزيم قدرته على تحليل خلات الكولين فتحدث زيادة فى هذا المركب تتسبب فى حدوث تشنجات وإنقباضات ورعشة بالعضلات وألم بالبطن مع صداع وقيىء ، كما يحدث ضيق فى التنفس نتيجة لإنقباض عضلات الشعب الهوائية وزيادة إفرازاتها المخاطية ، وقد يتسبب التسمم بالمبيد فى ضيق حدقة العين وبطء فى ضربات القلب قد تنتهى بالموت.

2 – المبيدات الهيدروكربونية المكلورة chlorinated hydrocarbons ، وتشمل مبيدات الحشرات ألدرين aldrin وإندرين endrin ومركب DDT وديلدرين dieldrin وكيبون kepone وهبتاكلور heptachlor وكلوردين chlordane وجامكسان gamaxane ، كما تشمل مبيدى الحشائش 2,4-D و 2,4,5-T ، وجميعها مبيدات سامة شديدة الثبات تذوب فى الدهون. تتكون أثناء تحضير بعض هذه المبيدات مادة ديوكسان dioxane ، والتى تعتبر أشد المواد المحضرة سمية وحافزة لأمراض السرطان ، وكثيراً ما توجد هذه المادة ملوثة لمبيدى الحشائش 2,4-D و 2,4,5-T. وتعزى حالات الإصابة بالسرطان وظهور ولادات لأطفال مشوهين فى فيتنام بعد الحرب الأمريكية هناك ، والتى إستخدم فيها مبيدى الحشائش لإبادة النباتات النامية الكثيفة والتى كان يختبىء بها المحاربون الفيتناميون إلى مركب ديوكسان (شكل 23) .

تتراكم المبيدات العضوية المكلورة فى دهون الجسم وفى أنسجة الكبد ، وقد توجد فى المخ. ويزداد تركيز هذه المبيدات بالجسم عاما بعد آخر بتكرار التعرض لهذه المبيدات حتى تصل تركيزاتها إلى الدرجة الممرضة أو القاتلة ، عندئذ تتكشف آثار المبيد ، حيث يظهر الضرر على الجهاز العصبى المركزى وعلى الكبد والكلى فيحدث غثيان وقيء وإسهال. تنتقل هذه المبيدات من الحامل إلى جنينها عن طريق الحبل السرى ، كما تنتقل من الأم إلى رضيعها عن طريق لبن الأم.

أول ما عرف من هذه المجموعة من المبيدات مركب DDT الذى ظهر عام 1939. وإستخدم على نطاق واسع لمقاومة حشرات الإنسان خلال الحرب العالمية الثانية ، ثم توسع فى إستخدامه بعد ذلك طبيا وزراعيا ، إلى أن أكتشفت خطورته وخاصية تراكمه فى دهون الحيوانات ، وبعد أن أصبح وجوده يكاد يكون عاما فى أنحاء المعمورة ... فى الهواء ... فى الماء ... فى التربة ... فى أجسام الطيور والحيوانات البرية ... فى أجسام الأسماك وغيرها من الأحياء

البحرية ... فى أجسام الإنسان .. حتى وصل إلى القطبين الشمالى والجنوبـى . خطر هذه المبيدات لا يظهر عند تخزينـه بـالدهون ، ولكن يظـهر عنـد حـدوث تحولات غذائية بالدهون المخزنة تؤدى إلـى ظـهور هـذه المبيـدات فـى مجرى الدم، عندئذ تؤثر على دورة الجلوكوز وتثبط أنزيم الفسفرة ATP .



شكل 23 : أشجار ونباتات أحراش بفيتنام بعد رشها بمبيدات الحشائش

لكشف المحاربين الفيتناميين

بعض هذه المبيدات إنتشر فى العالم إنتشارا واسعا ، بعيدا عن أماكن إنتاجه أو إستخداماته فقد وجدت آثار من مركب DDT محملة على أتربة تبعد آلاف الكيلومترات عن أماكن إستخدامها ، كما وجدت فى مياه مسالة من ثلوج فى القطب الجنوبى. ساعد على هذا الإنتشار ثبات المركب وإنتقاله خلال سلسلة الغذاء ، فمركب DDT الذى إستخدم على نطاق واسع فى مكافحة بعوض الملاريا ولا زال يستخدم حتى الآن لهذا الغرض يتجمع فى الأسماك وقد وصل تركيزه بها فى بعض الأحيان إلى أكثر من عشرة آلاف مرة قدر تركيزه فى الماء المحيط .

لشدة الأضرار الناتجة عن إستخدام هذه المجموعة من المبيدات فقد حظرت ومنعت معظم دول العالم إستخدامها ، إلا أن البعض لا زال يستخدمها وبخاصة فى الدول النامية لمقاومة حشرة النمل الأبيض بالأخشاب.

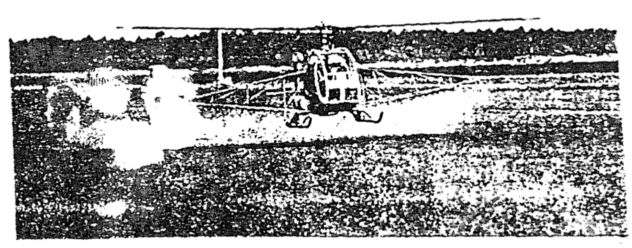
٣ ـ المبيدات الكارباماتية carbamates ، ومنها السفن sevin (carbaryl) والتميك temik والبايجون baygon ، وتشبه هذه المبيدات فى مفعولها عمل المبيدات الفسورية العضوية وذلك بتثبيطها بإنزيم خلات الكولين إستيراز ، كما أنها قد تحدث طفرات وراثية قد تؤدى إلى حدوث تشوهات جنينية وظهور أمراض سرطانية.

4 ـ مبيدات القوارض rodenticides ، وتشمل فوسفيد الزنك ومانعات التجلط anti-coagulants. فوسفيد الزنك ملح رصاصى اللون داكن شديد السمية ، إذ يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك بالمعدة مكونا غاز الفوسفين السام ، وتظهر أعراضه فى حدوث غثيان وقىء وإسهال مع زيادة فى معدلات النبض وإلتهاب فى الجهاز التنفسى .

مانعات التجلط تشمل مشتقات الكومارين coumarins والوارفارين warfarin ، وهى إضافة إلى سميتها فإنها تسبب سيولة فى الدم وحدوث نزيف داخلى وذلك من خلال تأثيرها على بعض عوامل التجلط مثل البروثرومبين prothrombin ، وتسبب هذه المبيدات للإنسان نزيف فى الأنف واللثة وحدوث بول دموى وأورام دموية ونزيف تحت الجلد.

5 – مبيدات أخرى متنوعة وتشمل زرنيخات الرصاص وزرنيخات الكالسيوم وأكاسيد النحاس ومبيدات زئبقية ، وجميعها مركبات شديدة السمية.

يتجه معظم الإنتاج العالمى من المبيدات إلى الزراعة. وتستخدم المبيدات الزراعية رشا فى معظم الأحوال ، وقد يكون الرش بالطائرات فى المساحات الكبيرة المنزرعة بمحصول واحد (شكل 24). وتتسبب عمليات الرش فى تلوث الهواء والتربة والمياه ، إضافة إلى النباتات التى توجه الرش عليها. ويمثل رش المحاصيل الغذائية وخاصة قرب النضج خطورة كبيرة على المستهلك ، ولهذا وجب الإحتياط فى رشها بإستخدام أقل المبيدات ضررا على الإنسان وأكثرها تحللا فى البيئة وعدم جمع المحصول قبل إنقضاء الفترة المحددة للأمان (شكل 25) .



شكل 24 : رش بالطائرات

تزداد فرص التلوث بالمبيدات فى الزراعات المحمية ، ذلك أن النباتات المنزرعة داخل الصوب تكون محاطة ببيئة ذات حرارة مرتفعة ورطوبة جوية عالية ، فبيئة الصوب كما تشجع النمو السريع للنباتات فإنها فى نفس الوقت تشجع نمو وتكاثر آفات النباتات ، مما يضطر معه المزارع إلى رش النباتات بمبيدات الآفات على فترات قصيرة قد تصل إلى 3 إلى 5 أيام. إن فرص تلوث التربة والنباتات بالمبيدات فى جو الصوب المغلق يزداد كثيرا عنه فى حالة رش المزروعات فى الجو الخارجى المفتوح. ونظرا لأن المحاصيل التى تزرع داخل الصوب مثل الخيار والطماطم والكوسة والفراولة والكانتلوب تجمع على فترات متقاربة وترش فى نفس الوقت على فترات متقاربة ، فإنها تجمع بعد مرور فترات قصيرة على رشها وتكون حينئذ ملوثة بشدة بالمبيد المرشوش. وغالبا لا يكفى غسيل المحصول بالماء للتخلص مما به من المبيد ، ذلك أن المبيد المرشوش لا يكون كله على السطوح الخارجية للمحصول وإنما يكون جزءا منه قد إمتص فى الأنسجة الخارجية للمحصول.



شكل 25 : رش أرضى لمزروعات

يوجد حاليا إتجاه كبير يهدف إلى الحد من إستخدام المبيدات فـى الزراعـة ، لما إتضح من آثارها الضارة على البيئة ، وظهرت جماعات ضغط شعبية تنادى بالعودة إلى الطبيعة حيث قوى مقاومة الآفات تتم عن طريق إعادة التوازن الطبيعى للأحياء إلى ما كانت عليه ، وخاصـة أن المبيدات كلـها سموم ومنـها حـافزات لـلأورام السرطانية. وقد منع فى معظم دول العالم إسـتخدام الكثـير منـها بعد أن ثبتـت شدة أضرارها ، ومع ذلك تظهر بالأسواق بصفة مستمرة أنواع جديدة من المبيدات يقول منتجوها أنها آمنة لتحل محل ما تقرر منعه من مبيدات ، ومن يـدرى أن مـا يصـرح بإستخدامه اليوم من مبيدات جديدة ، قد يحرم بعد سنوات ، ذلـك أن أعـراض بعـض الأمراض كالسرطانات قد لا تظهر قبل مرور سنوات عديدة ، قد تصل إلى 40 عاما أو أكثر ؛ بعد إحداثها للتحفيز والتغيير الكروموسومى فـى أحـد الخلايـا. وقـد أمكـن حديثا إستبدال الكيماويات فى مقاومة بعض الحشرات بمصايد تعمل بجاذبات جنسية تجذب إليها الذكور الحشرية فلا يحدث تلقيح ولا تكتمل دورة الحشرة.

نقاسى ونحن داخل منازلنا من المبيدات التى تصيب البيئة الخارجية والتى تكـون من نصيب المحاصيل الزراعية ، فيصلنا المبيد فى منازلنا مع الهواء الـذى نستنشـقه ومع الماء الذى نشربه ، كما يصلنا مكثفا مع الخضروات والفاكهة التى عوملـت فـى المزرعة بالمبيدات. لا نكتفى بما يصلنا مـن المبيدات مـن الـرش الخـارجى ولكننـا نزيد عليها مما نضيفه رشا وتعفيرا داخل المنزل من مبيدات ، قد نضغط فى عبوات مع مادة ضاغطة حتى تخرج بشكل إيروسولات وقد توضع فى مباخر تسـخن عليـها فيتسامى المبيد فى جو الغرفة ، وقد توضع فى مواد لاصقة ، وقد ترش بها الجـدران ليستمر مفعولها شهورا أو سنينا ... نفرح بذلك !! لأننـا لـن نـرى حشـرة حيـة مـددا طويلا ، ونحزن أخيرا عندما نضار صحيا بالسـم الـذى يبث ونتنفسـه خـلال شـهور كثيرة. لا يقتصـر ضـرر المبيدات المنزليـة علـى المـادة الفعالـة ولكـن قـد يحـدث الضرر من المواد الأخرى المضافة لإذابة المبيد أو لتخفيفه أو لإحـداث ضغـط علـى العبوة. فمثلا إستخدمت مركبات الكلوروفلو روكربون لإحـداث ضغـط فـى عبـوات

الإيروسول ثم إتضحت أضرارها على البيئة بإحداثها لثقب الأوزون . ثم إستبدلت مركبات الفلوروكلوروكربون بمنتجات هيدروكربونية تضر بالإنسان وقد تتسبب فى حدوث حرائق. ومن المذيبات المستخدمة الضارة مركب كلوريد الميثايل وهو مركب سام قابل للإشتعال .

فى أحد الدراسات إتضح أن أعداد المبيدات التى تدخل فى الاستخدامات المنزلية تصل إلى حوالى مائة مبيد ، معظمها تعمل ضد الحشرات الطائرة والزاحفة ، والبعض يستخدم ضد القوارض ، والبعض تعامل به أخشاب المبانى والأثاثات ضد النمل الأبيض وسوس الخشب. مبيدات النمل الأبيض مبيدات شديدة الخطورة وثابتة ومنها كلوردين وهبتاكلور وألدرين وديلدرين ، وهذه المبيدات تحتفظ بفاعليتها لمدد طويلة. ومن المبيدات الطاردة للحشرات وبخاصة العتة مركب باراديكلوربنزين paradichlorobenzene ، الذى يوضع داخل الدواليب وبين الملابس وعلى السجاد ، وهو من المبيدات المسرطنة ، ولهذا يجب عدم إستنشاقه وكذلك تهوية الملابس المعاملة جيدا قبل استخدام تلك الملابس.

قدر الإنتاج العالمى للمبيدات سنة 1990 بحوالى 26400 مليون دولار تقوم بإنتاجها عدد من الشركات الكبيرة العالمية. معظم الإنتاج العالمى للمبيدات تقدمه الولايات المتحدة الأمريكية وسويسرا واليابان وفرنسا وألمانيا وإنجلترا. كثير من الدول المنتجة للمبيدات تمنع استخدام أنواع مما تنتجه فى بلادها وتقوم بتصديره إلى الدول النامية ، وأحيانا لا تنتج تلك الأنواع فى بلادها وتنتجه فى دول أخرى من الدول النامية وتصدره منها وذلك كما فى حالة مبيد سلفوتون sulfoton الذى أوقفت شركة ساندوز إنتاجه فى سويسرا ونقلت إنتاجه إلى البرازيل .

الدول التى تصنع مبيدا وتمنع إستخدامه داخل بلادها قد يصلها المبيد ثانية خلال أغذية تستوردها من دول أخرى تستخدم هذا المبيد. وقد حدث هذا مع المبيد هبتاكلور الذى تنتجه شركة فلسيكول Velsicol بالولايات المتحدة الأمريكية ، ثم

حظر إستخدامه بها سنة 1989 لثبوت كونه من المسرطنات ، ولكن الشركة إستمرت فى إنتاجه عقب ذلك للتصدير فقط ، وفى أكتوبر سنة 1991 إستوردت الولايات المتحدة منتجات نباتية من الأرجنتين وكانت معاملة بمبيد هبتاكلور ، دون أن تكتشفه سلطات الحجر الزراعى ، وتسبب عن ذلك حالات تسمم.

طالما هناك إنتاج كبير وإستخدام واسع للمبيدات فان حوادثا تقع تنتج عن الإنتاج أو سوء الإستخدام ، كثير من هذه الحوادث ينتج عنه إصابات فردية محدودة ، لكن فى بعض الأحيان يكون الحدث كبيرا تتناوله الصحافة وتبثه الإذاعات المسموعة والمرئية ، وفيما يلى بعض تلك الحوادث الهامة.

تعتبر حادثة بوبال Bhopal فى وسط الهند أسوأ حادث كيماوى حيث تسبب فى أضرار بيئية جسيمة. حدث ذلك فى الثالث من ديسمبر سنة 1984 ، حيث تسرب مركب أيزوسيانات الميثيل methylisocyanate الذى كان يستخدم فى تصنيع المبيد الحشرى سفن sevin بمصنع تابع لشركة يونيون كاربيد Union Carbide ، كمادة وسطية. وأدى هذا التسرب الذى إنتشر فى مساحة أربعين كيلو مترا مربعا إلى موت أكثر من 2500 شخص والأضرار الصحى لأكثر من مائة ألف شخص آخرين، فقد بعضهم أبصارهم .

من الحوادث الأخرى حادثين حدثا بنهر الراين الذى تعيش على مياهه حوالى إثنى عشر مليونا من الأشخاص ، ويمر النهر بأربعة دول ؛ سويسرا دولة المنبع ثم فرنسا وألمانيا ثم هولندة دولة المصب. وفى يونية سنة 1969 تسرب من صندل بحرى مائة كيلومترات من مبيد إندوسلفان تسبب فى موت حوالى أربعين مليونا من الأسماك. والحادث الثانى للنهر حدث سنة 1986 حين إندلعت النيران بمخازن شركة ساندوز السويسرية بمدينة بازل ، وأدت النيران إلى إنفجار عدة مئات من براميل محتوية على مركبات كيميائية مجهزه للإستخدام فى تصنيع مبيدات وصناعات أخرى كيميائية. لم يحدث تلوث للنهر هذه المرة من الكيماويات مباشرة

إنما أدى إطفاء الحريق إلى تسرب الكيماويات إلى النهر ، وقد قدرت الكيماويات التى وصلت مياه النهر بحوالى ثلاثين طنا (شكل 26) .

مما سبق يتضح لنا خطورة المبيدات كملوثات للبيئة ، ويقدر عدد المصابين بالتسمم من جراء هذا التلوث بما يزيد عن خمس وعشرين مليونا من الأشخاص سنويا على مستوى العالم ، يموت منهم أكثر من عشرين ألفا. يختلف الأشخاص فى مدى حساسيتهم للمبيدات ، فيعتبر الأطفال حديثى الولادة وكذلك كبار السن هم الأكثر قابلية للتسمم بالمبيدات وذلك لنقص نشاط معظم الأنزيمات المحللة للسموم لديهم ، وكذلك الأفراد الذين يعانون من نقص فى وظائف الكبد. وقد ثبت أن مضادات الأكسدة ومنها فيتامينات A و C تساعد الجسم على مقاومة الآثار الضارة بالمبيدات .



شكل 26 : تلوث نهر الراين عند إطفاء حريق بمصنع ساندوز بمدينة بازل أدى إلى تسرب كيماويات بالنهر

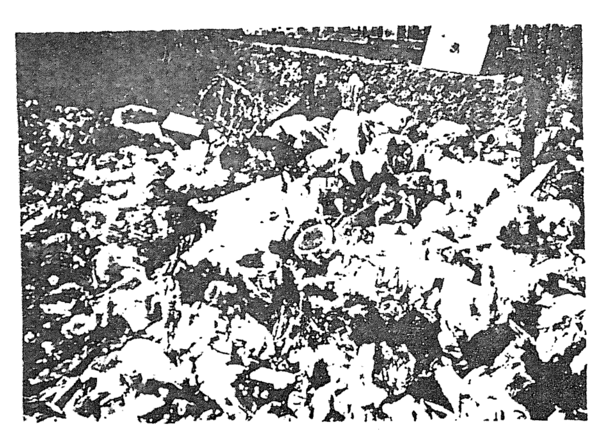
قمـــامة المــــدن

إن الزيادة الكبيرة المطردة فى أعداد سكان الأرض ، مع التقدم التكنولوجى الكبير والتحسين فى مستويات المعيشة وما يتبع ذلك من متطلبات متزايدة ، أدت إلى زيادة فى الإستهلاك اليومى ، نتج عنه تزايد مستمر فى كميات ما يجب التخلص منه من مخلفات.

تشتمل قمامة المدن على مخلفات المساكن الصلبة ، وكذلك على المخلفات الصلبة الناتجة عن أعمال الهدم والبناء ومخلفات المتاجر والمصانع والورش والمدارس والمستشفيات والنوادى والملاعب وغيرها. قدرت كميات القمامة التى تجمع من دولة كالولايات المتحدة الأمريكية فوجد أنها تعادل 1.95 كيلوجراماً يومياً للفرد الواحد سنة 1990 ، بعد أن كانت 1.23 للفرد سنة 1960 ، كما قدرت مجموع النفايات الصلبة التى تنتجها الولايات المتحدة الأمريكية بحوالى 195 مليون طن سنوياً سنة 1990 مقابل 151 مليون طن سنوياً سنة 1960. وفى مصر تقدر كمية القمامة بحوالى 7 مليون طن سنوياً بمعدل حوالى 0.7 كيلوجرام للفرد يومياً فى المدن وحوالى 0.3 كيلوجرام فى الريف ، إضافة إلى حوالى 17 مليون طن مخلفات زراعة سنوية ينتج عن مصاصة القصب وأحطاب القطن وقش المحاصيل النجيلية والتى تستخدم كوقود.

إن أى منتج ذو نفع لنا حالياً ، وما نستهلكه سيصبح فى وقت ما مستقبلاً أو تصبح بقاياه نوعاً من الفضلات التى يجب التخلص منها ، ذلك أننا نقيم الأشياء فى ضوء نفعها الوقتى فإذا إنتفى الغرض من إقتنائها فإننا نتخلص منها وتصبح بالنسبة لنا فى حكم القمامة ، نذكر من ذلك السيارات وأثاث المنازل والأجهزة الكهربائية والأدوات المنزلية ، فإن لكل منها عمراً فإذا إنتهى العمر وأصبحت فى حالة لا نرضى عنها فإننا نتخلص منها ، إما بالبيع أو منحها لمن يحتاج إليها ، فإن كانت غير صالحة للبيع أو المنح فإننا نلقى بها فى المقالب.

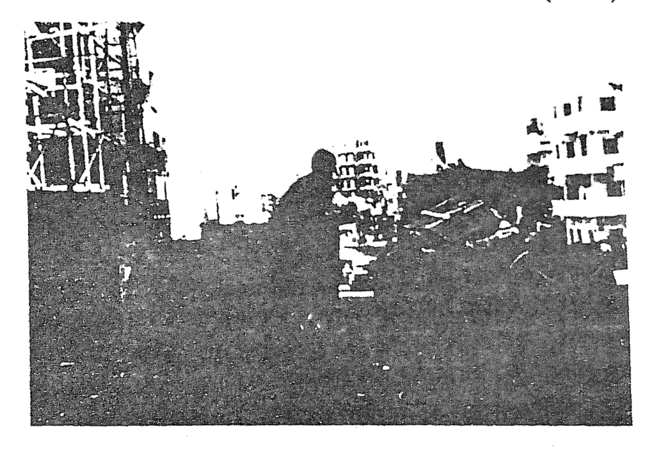
فى الماضى حين كانت أعدادنا قليلة ومتطلبات المعيشة محدودة ، كانت الأرض قادرة على إستيعاب مخلفاتنا ، اما الان بعد أن تزايدت كثيراً وتعددت مطالب حياتنا ، فقد أصبحت فضلاتنا تلالاً تزداد عدداً وإرتفاعاً وأصبح التخلص منها مشكلة عامة تؤرق المجتمعات والحكومات.



شكل 27 : قمامة ملقاة فى أحد الشوارع

تتجمع يومياً فى منازلنا كميات كبيرة من القمامة التى يراد التخلص منها . تشتمل قمامة المنزل على بقايا تجهيز الطعام وعلى ما يتلف منه وما يزيد عن إستهلاكنا ، وعلى أوراق جرائد ومجلات وأوراق تغليف ، وعلى معلبات معدنية فارغة وأخرى بلاستيكية وثالثة زجاجية ، كما قد تشتمل على بقايا تقليم أشجار الحديقة المنزلية وأوراق نباتاتها المتساقطة. إضافة إلى ذلك فإن القمامة المنزلية

تحتوى على نواتج تنظيف المنزل من غبار وما يأويه السجاد والموكيت من حشرات وعناكب ، وما يتساقط عليه من قصاصات أوراق وأقمشة وخيوط ودبابيس ... الخ، مما أصبح معه التخلص من مخلفات المنازل من المشكلات التى تشغل بال القائمين على نظافة المدن. وقد أصبحت ، فى كثير من مدن العالم ، أكوام القمامة المتجمعة فى أركان الشوارع (شكل27) أماكن ملائمة لتكاثر الميكروبات والحشرات والفئران، وبؤر لإنتشارها ، وأصبح من المناظر المألوفة فى كثير من دول العالم النامى أن ترى أشخاصا ينقبون بين أكوام القمامة أو داخل صناديق القمامة باحثين عن أشياء ذات منفعة لهم ، وأثناء ذلك يمزقون أكياس القمامة ويبعثرون ما بها (شكل 28).



شكل 28 : أحد العمال داخل صندوق جمع القمامة يقوم بالفرز
ويضع ما يختاره فى عربة خاصة به

تخصص عادة ، فى كل شارع أو منطقة بالمدينة ، أماكن لتجميع القمامة توضع بها أوعية كبيرة تلقى بها أكياس قمامة المنازل والمتاجر وغيرها ، وهذه الأوعية لها مواصفات خاصة تتفق شكلا وحجما مع نوعية سيارات القمامة. ويجب أن يتم جمع القمامة قبل تمام إمتلاء الأوعية الحاوية للقمامة حتى لا يتناثر ما بها على أرض الشارع وحتى لا يضطر الأهالى إلى إلقاء قمامتهم حول الأوعية وتصبح أرض الشارع مرعى للحيوانات (شكل50). ويجب أن يراعى فى تصميم تلك الأوعية صعوبة وصول القطط والكلاب إلى محتوياتها ، إذ أن هذه الحيوانات وغيرها من القوارض تقوم بتمزيق أكياس القمامة بحثا عن غذاء لها.

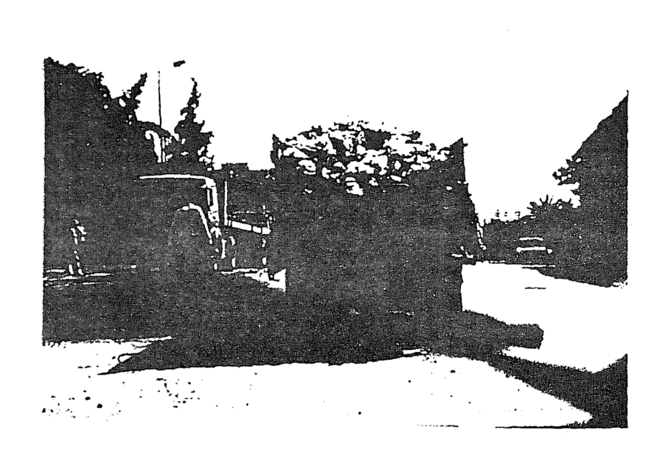
تنقل القمامة من أماكن تجمعاتها بالمدن بواسطة سيارات خاصة أو غيرها من وسائل النقل إلى أماكن بعيدة عن أماكن التجمعات السكنية ويراعى فى هذه السيارات أن تكون ما بها من قمامة مغطاة حتى لا تتناثر فى الطرقات أثناء سير السيارات (شكل 29) ، وعادة ما تكون تلك الأماكن أماكن منخفضة فى أرض فضاء تعرف بالمقالب ، ويراعى فيها أن لا تكون فى مهب الرياح السائدة المتجهة إلى تجمعات سكنية قريبة. تردم تلك المقالب بالقمامة ، وتترك لعوامل التحلل الطبيعى والكيميائى والبيولوجي العمل على تحليلها مع مرور الزمن ، فتهبط تدريجيا. وكلما إمتلأ منخفض يجرى البحث عن غيره ليصبح مقلباً آخر يحل محل سابقه. وفى كثير من المدن إمتلأت المقالب الخاصة بها وأصبح من العسير إيجاد أخرى لا تبعد كثيراً ، كما أصبحت تلك المقالب مصدراً لتلوث الماء الأرضى بمواد كيميائية سامة تنتج عن تحلل بعض المخلفات وتسربها فى التربة خاصة فى حالة سقوط الأمطار. كما أصبحت المقالب مصدراً لتلوث الهواء الجوى بغازات ناتجة عن التحلل مثل غازات الميثان وكبريتيد الإيدروجين والأمونيا ، وصارت المقالب أيضاً بيئة مناسبة لتكاثر الفئران والحشرات والميكروبات الضارة.

كثيراً ما يجرى التخلص من بعض الفضلات الصلبة فى أماكن تجمعاتها بالمدن أو بعد نقلها إلى المقالب العامة وذلك بالحريق * الذى يخفض من حجم الفضلات الصلبة إلى 10% فقط من حجمها الأصلى ، إلا أن هذا المتبقى هو رماد ، قد يكون فائق الضرر نظراً لتركيز ما به من معادن ثقيلة ، كما أن الحريق ينتج عنه غازات ملوثة للجو ، وقد تتسبب فى حدوث أمطار حامضية وفى زيادة التأثير الصوبى للجو. كذلك فإن حرق المواد البلاستيكية وهى تمثل نسبة كبيرة من قمامة المدن وخاصة تلك التى تحتوى على مركب كلوريد عديد الفينيل polyvinyl chloride ينتج عنه مادة الديوكسان dioxan الشديدة السمية والمسرطنة ، والتى يقدر الحد الأقصى المسموح به منها بجزء لكل خمسة أجزاء من تريليون الجرام لكل كيلوجرام من وزن الجسم.

ينتج عن نشاطات كافة الأحياء فضلات ، وهذه الفضلات يعاد تدويرها فى الطبيعة بواسطة أحياء أخرى تستفيد من تلك الفضلات. ويتطلب هذا أن تكون الأحياء المختلفة التى تعيش فى نفس البيئة فى حالة توازن ، أما نحن البشر فقد تزايدنا كثيرا وأبدنا كثيرا من أنواع الأحياء التى كانت تشاركنا فى البيئة وأخللنا بالتوازن البيئى مع الأحياء الأخرى ، إضافة إلى أننا دون سائر المخلوقات قمنا بالتصنيع وإبتكار أشياء جديدة ومواد جديدة لم يكن لها سابق وجود أو قديم معرفة ، فكثرت فضلاتنا وتنوعت أشكالها ، لهذا كان من الواجب علينا أن نبحث عن طرق فعالة لإعادة التدوير ولا نكتفى فى ذلك بما تفعله عوامل الطبيعة وغيرنا من الكائنات الحية ، وخاصة أننا مع كثرة ما صنعناه قد إستنزفنا الكثير من الخامات المتاحة فى الطبيعة ، وأصبح من المحتم علينا العمل على إعادة إستخدام الكثير من تلك المخلفات بعد إعادة تدويرها ، إما إلى صورها الأصلية أو إلى صور أخرى

* حظر قانون البيئة المصرى رقم 4 لسنة 1994 حرق القمامة إلا فى الأماكن المخصصة لذلك بعيداً عن المناطق السكنية والصناعية والزراعية والمجارى المائية .

مختلفة. وقد قدر ما تم تدويره من قمامة بالولايات المتحدة الأمريكية خلال عام 1960 بحوالى 6 مليون طن ، بما يعادل 4% من مجمل قمامتها ، إرتفع بعد ذلك ما تم تدويره ووصل إلى 33 مليون طن عام 1990 ، بما يعادل 17% من مجموع القمامة. مما تم جمعه من قمامة صلبة سنة 1990 أحرق منه 17% من مجموع القمامة ومثلها تم تدويره وتبقى بعد ذلك 66% من مجموع القمامة وهو ما إستخدم فى ردم المقالب. ويعتقد بأنه يمكن الوصول فى الولايات المتحدة الأمريكية إلى إستعادة وتدوير 33% من النفايات الصلبة بحلول عام 2000 .



شكل 29 : سيارة قمامة تنقل القمامة مكشوفة

تدوير المخلفات قد يكون تدويراً مغلقاً closed looped recycling حيث يعاد تصنيع النفايات إلى نفس منتجاتها السابقة ، وذلك كما فى حالة المعلبات المعدنية التى تعاد إلى مصانع صهر المعادن للحصول على معادنها الأصلية ، ومنها يمكن تصنيع المعلبات المعدنية ثانية. ويحدث مثل ذلك مع المخلفات الورقية حيث ترسل إلى مصانع الورق لإعادة تصنيعها ، إلا أننا فى الغالب نحصل على أوراق أقل مستوى من سابقاتها. وكذلك المخلفات الزجاجية التى تعاد إلى مصانع الزجاج لتصنيع أنواع من الزجاج ملونة غالباً. بعض أنواع البلاستيك يمكن تدويرها إلى مواد بلاستيكية مرة أخرى .

النوع الآخر من التدوير هو التدوير المفتوح open looped recycling حيث نستخدم المخلفات من القمامة فى إنتاج منتجات تختلف كلية عن المنتجات الأصلية ، من ذلك إستخدام العبوات البلاستيكية فى إنتاج ألياف يصنع منها سجاد. وقد تدور بعض أنواع المخلفات البلاستيكية وتحول إلى نعال تستخدم فى صناعة الأحذية أو إلى مواد تغليف. وقد تستخدم المخلفات الزجاجية فى صناعة نوع من الأسفلت يعرف بالأسفلت الزجاجى glassphalt يستخدم فى رصف الطرقات ، وقد يخلط الزجاج مع الخرسانة التى تستخدم فى أعمال البناء. ورق الجرائد وغيره من الأوراق قد تدور بيولوجياً حيث تخمر بفعل الكائنات الدقيقة لتحويل مكونها السليلوزى إلى كحولات ، ويتم ذلك على مرحلتين ؛ فى المرحلة الأولى تقوم بعض الفطريات ومنها الفطر تريكودرما فيريدى *Trichoderma viride* بتحليل سليلوز الورق إلى سكر سللوبيوز cellobiose ، تنشط عقب ذلك بكتيريا وفطريات أخرى تقوم بتحليل سكر السللوبيوز إلى سكر جلوكوز ، تنشط بعدها فطريات الخميرة التى تقوم بتخمير الجلوكوز منتجة كحول الايثايل .

تعتبر المواد العضوية والتى تمثل حوالى 30% إلى 60% من جملة المخلفات الصلبة للمدن والتى تشمل نواتج تقليم الأشجار وأوراقها المتساقطة وغيرها من

مخلفات الأشجار وبقايا الطعام والأوراق ، اهم مكونات القمامة والتى يسهل الإستفادة منها. فى الماضى كان التسميد العضوى هو الأساس فى تسميد الأراضى الزراعية ، حيث كانت مخلفات النباتات والحيوانات تعاد ثانية إلى الأرض إما مباشرة أو بعد تخميرها. لكن الآن ، وبعد أن إرتفعت تكلفة نقل الأسمدة العضوية إلى الأرض الزراعية ، قل إستخدام المخلفات العضوية ، وصارت من القمامة التى يرجى التخلص منها ، ولهذا فإن إعادة تدوير المخلفات العضوية ثم إعادتها ثانية إلى الأراضى الزراعية أصبح ضرورة ملحة.

فى كثير من الدول المتقدمة يجرى تصنيف القمامة قبل نقلها إلى المقالب ، وذلك بتخصيص أماكن أو عبوات لكل نوع منها ، فتجمع أوراق الجرائد معا ، ومخلفات الحدائق والمواد العضوية الأخرى معا ، والمعلبات معا ... وهكذا ، ذلك أن الفصل من المنبع أيسر وأقل تكلفة من فصل المخلفات بعد جمعها .

تعتمد عملية تدوير المخلفات العضوية على عملية الكمر composting حيث تجمع المخلفات الزراعية مع غيرها من المواد العضوية وتوضع فى أكوام قطرها حوالى سبعة أمتار وإرتفاعها حوالى 3.5 متر ، تترك لفترة تنشط أثنائها الكائنات الدقيقة من بكتيريات وفطريات. تعمل الكائنات الدقيقة على رفع درجة حرارة المادة العضوية إلى 40-55 °م خلال بضعة أشهر ، ويشجع على سرعة إتمام التحليل تقليب وتهوية الأكوام من وقت إلى آخر. تجرى هذه العملية فى المزارع عادة ، وقد تجمع المخلفات العضوية لكل مجموعة مزارع ومساكن وتكمر معا. ويمكن أن تقل حجم الكومة عن ذلك وفقا لحجم المزرعة وكمية ما ينتج عنها من مخلفات.

تتحول قمامة المزرعة المكمرة إلى دبال يفيد فى تحسين خواص التربة ويعيد إليها بعض ما فقد منها من عناصر مغذية وقد ثبت حديثا أن المخلفات السابق تخميرها والتى تضاف ثانية إلى التربة تفيد فى مقاومة أمراض الجذور بكفاءة تعادل

كثيرا من المبيدات المستخدمة فى تطهير التربة من بعض آفاتها مثل مركب بروميد الميثيل الشديد السمية والضار بمنطقة الأوزون. وقد علل ذلك بأن المخلفات العضوية المخمرة تشجع نمو وتكاثر ميكروبات التربة النافعة والتى تنمو وتتكاثر على حساب الميكروبات المتطفلة الضارة بالنباتات. إضافة إلى ذلك فإن المخلفات السابق كمرها تفيد فى تحسين قدرة التربة على حفظ الماء وحفظ ما بها من مغذيات، وذلك بتقليل ما يفقد منها خلال الرشح إلى ماء التربة. ويجب أن لا نغفل ، من الناحية السمادية للتربة أن التسميد العضوى يفضل التسميد بالمركبات الكيميائية نظرا لإحتواء السماد العضوى على كثير من العناصر النادرة التى كثيرا ما تغيب عند التسميد الكيميائى.

من الطرق الحديثة المتبعة لتدوير القمامة العضوية ، خاصة على مستوى القرى والمزارع الكبيرة مع الإستفادة من ناتج التدوير فى الحصول على طاقة ، عملية التخمير اللا هوائى ، ثم الحصول على غازات قابلة للإشتعال يمكن الإستفادة منها فى التدفئة والإنارة. فمنذ عام 1970 أقيم فى الصين ما يزيد عن خمسة ملايين وحدة تخمير لا هوائى للمخلفات العضوية. تتكون الوحدة من حجرة كبيرة تقام تحت الأرض وتلقى فيها المخلفات العضوية لعائلة شاملة بقايا الأطعمة ونواتج التقليم الزراعى وبقايا المحاصيل وقمامة تنظيف الزرائب ، كما تصب فى الحجرة إفرازات الإنسان. تغلق الحجرة قبيل تمام إمتلائها ... تنشط البكتيريا اللا هوائية... تهضم المواد العضوية ... خلال أسبوع يبدأ ظهور مجموعة من الغازات تعرف مجتمعة بالغاز البيولوجى أو البيوجاز biogas ، الذى يتكون من 60 % إلى 70 % غاز الميثان والباقى ثانى أكسيد الكربون مع كميات ضئيلة من أول أكسيد الكربون وكبريتيد الإيدروجين والأمونيا. يستمر فى الحصول على البيوجاز لمدة ثلاثة أسابيع يكون فيها التخمر قد إكتمل ، ويتبقى بعد ذلك مادة داكنة عديمة الرائحة تستخدم فى التسميد أو فى تغذية الأسماك والحيوانات ، كما يمكن الإستفادة منها فى زراعة المشروم. وقد وجد أنه يمكن الحصول على حوالى متر مكعب من البيوجاز

من كل كيلوجرام واحد من المادة العضوية. وقد أمكن بنجاح إنتاج البيوجاز فى عدة محافظات بمصر ، وإستخدم الغاز الناتج فى الطهى وفى الإنارة ، كما إستخدم سماد البيوجاز للتسميد بدلا من الأسمدة التقليدية واثبت تفوقه فى مختلف المحاصيل عن الأسمدة التقليدية.

بعد فرز قمامة المدن وإستعادت البعض منها لتحويله إلى الصناعات الملائمة وإستخدام المواد العضوية فى عمليات تخمير أو تعطين ، يتبقى مكونات صلبة لا يرجى الإستفادة منها. ترسل كافة ما تبقى إلى أراضى منخفضة أو حفر خاصة أو مستنقعات أو أراضى محاجر أو مناجم أغلقت ، ويستمر ردم تلك المقالب حتى تمام إمتلائها ، قد تضغط ، عندئذ محتويات المقلب الممتلىء ثم تغطى بالأتربة من أماكن مجاورة ، وعادة ما تهبط أرض المقلب بعد تحلل بعض مكوناتها بفعل عوامل الطبيعة وخاصة عندما تصلها مياه الأمطار.

مع كثرة ما يجمع من قمامة ، يجرى البحث بإستمرار عن مقالب جديدة لتحل محل الأخرى الممتلئة ، فحتى سنة 1979 إمتلأت بالولايات المتحدة الأمريكية أكثر من خمسة عشر ألفا من مقالب القمامة من مجموع عشرين ألف مقلبا ، وقد تحولت بعض تلك المقالب الموجودة على الساحل الشرقى بالقرب من مدينة نيويورك والتى تتلقى يوميا حوالى عشرين ألف طن من القمامة إلى جبال مرتفعة يخشى أن تشكل فى القريب تهديدا لحركة الطيران !!

فكر البعض فى إلقاء المخلفات فى البحار ، وقد نفذ البعض ذلك ، ويعيب هذه المقالب البحرية أن بعض مكونات القمامة وخاصة الورقية والبلاستيكية قد تطفو بعد فترة على سطح الماء وتصبح مصدرا لتلوث الشواطىء ، إضافة إلى ما قد يحدث من تلوث كيميائى وبيولوجى لمياه البحر .

لكل ما سبق وجب العمل على تقليل قمامة المدن بقدر الإمكان. وأول خطوة للحد من تزايد كميات المنتج من قمامة المدن هو الحد من التزايد السكانى بتحديد النسل ، فزيادة أعدادنا يتبعه زيادة قماماتنا. الخطوة الثانية ، العمل على تقليل نضيب الفرد من القمامة وخاصة ما كان غير قابل للتحلل أو بطيىء التحلل كالكثير من المنتجات البلاستيكية. كما يجب العمل على تشجيع إستخدام العبوات التى يمكن إستعمالها وتعبئتها أكثر من مرة بدلا من العبوات التى تلقى عقب إستهلاك ما بها مباشرة وتصبح قمامة. وأخيرا يجب العمل على زيادة معدلات تدوير مكونات القمامة وتشجيع الصناعات القائمة عليها.

الصرف الزراعى

فى القرن الأول الميلادى كانت أراضى شمال إفريقيا تمثل مزارع الدولة الرومانية، فقد كانت مصدراً لإنتاج ثلثى إحتياجاتها من الحبوب ، وقد تسبب ذلك فى الإستمرار فى إستنزاف الأرض الإفريقية من مغذيات النباتات من عناصر ضرورية كالنترات والفوسفاتات وأملاح البوتاسيوم وغيرها ، وإرسالها إلى أوربا فى صورة محاصيل . ولم يقتصر الأمر فى ذلك على المحاصيل الزراعية التى تنتقل من الساحل الإفريقى جنوب حوض البحر الأبيض المتوسط إلى الساحل الأوربى شمال البحر الأبيض المتوسط ، بل كانت تجمع من الساحل الأفريقى ما تنتجه الأرض طبيعياً دون فلاحة من فطر يشبه فى شكله درنات البطاطس ... فطر الكمأة والذى يعرف بالترفاس ويعرف بدول الخليج العربى بالفجع ... فطر ذو قيمة غذائية جيدة ، وذو نكهة ومذاق جذاب وطعم محبوب ... فطر للخاصة دون العامة لإرتفاع أثمانه. كان فطر الكمأة يجمع وينقل من الجنوب الإفريقى إلى الشمال الرومانى ، حيث يصب فى بطون القياصرة والأمراء والنبلاء وأثرياء القوم وضيوفهم. أدى كل ذلك مع توالى السنين إلى إضعاف الأراضى الزراعية لشمال إفريقيا وتحويلها من أراضى جيدة زراعياً إلى أراضى ضعيفة صحراوية.

إستمر الإستنزاف للأراضى الزراعية بصفة عامة ، عاماً بعد آخر ... تؤخذ منها مغذيات النبات وتنتقل تلك المغذيات ضمن المحاصيل المنتجة إلى حيث التجمعات السكانية فى المدن التى إمتدت ، والأخرى التى إستجدت ، والمناطق الصناعية التى إستحدثت. أدى ذلك مع توالى السنين إلى إضعاف الأراضى الزراعية المنتجة وتدهورها ، ذلك أن المغذيات كانت تنتقل فى إتجاه واحد ... فى طريق مسدود يبدأ من الأراضى الزراعية حيث مصدر الإنتاج ، وينتهى إلى التجمعات السكانية حيث يتم الإستهلاك. لا يحدث مثل ذلك فى أراضى الغابات والمراعى الطبيعية والمحميات حيث تستكمل حركة المغذيات ... ما يؤخذ من

الأرض يعود إليها ثانيـة ، فـأوراق النباتـات تتسـاقط فـى نفـس الأرض والحيوانـات والطيور التى تعيش مع الأشجار فى الغابة أو فى المراعى الطبيعية تسقط فضلاتـها فى الأرض معيدة بعض ما أخذته من مغذيات ، وما يموت منـها يتحلـل فـى الأرض معيدة باقى ما أخذته من الأرض من مغذيات. وفى الأرض تعيش كائنات دقيقة تقوم بتحليل كافة ما يسقط بـها مـن مخلفـات نباتيـة وحيوانيـة معيـدة عنـاصر الغـذاء إلـى الأرض.

تنبه العالم الكيميائى الألمانى ليبج J.von Liebig الذى عـاش الفـترة مـن 1803-1873 لحركة إتجاه مغذيـات الأرض المنتجـة للمحـاصيل فـى إتجـاه واحـد مسـدود ، فـإقترح التسـميد الكيميـائى كحـل لتعويـض مـا يؤخـذ مـن الأراضـى الزراعيـــة ولا يعوض، وحتى يتوقف تدهور الأرض كما حدث للشمال الأفريقى فى عصـر الدولـة الرومانية. بالتسميد يمكن الإستمرار فـى الزراعـة وإنتـاج المحـاصيل والإسـتمرار أيضا فى نقلها بعيدا عـن الأراضـى المنتجـة لـها حيـث يتكـدس النـاس فـى تجمعـات سكانية بالمدن والقرى .

حاليا وفى ضوء الزيادة الكبـيرة فـى حركـة المحـاصيل الزراعيـة بيـن الـدول ، حيث إرتفع الإنتاج العالمى فى الحبوب فى الفترة من 1960 إلى 1995 إلى الضـعف، وفى نفس الفترة الزمنية إزدادت تجارة الحبوب بين الدول المنتجة والدول المستهلكة إلى ثلاثة أضعاف. نتج عن ذلك تكـدس المغذيـات فـى الـدول المسـتوردة للمنتجـات الزراعية النباتية والحيوانية كدول شمال أوربا ، وفى نفس الوقـت حـدث نقـص فـى مغذيات التربة للدول المصدرة مثل الـبرازيل وتـايلند وأسـتراليا وكنـدا ، ممـا تعتـبر معه دولة مثل هولنـدة تمتلـك أكـبر جبـل مـن السـماد العضويـة النـاتج عـن منتجـات زراعية مستوردة فإذا أضيف إليه الاستخدام المكثف للأسمدة الكيماويـة يتبيـن مـدى التلـوث الخطـير النـاتج عـن فـائض مغذيـات التربـة ، لدرجـة أصبحـت معـها كميـة النترات الموجودة بمياهها الجارية حاليا أكثرمن ضعف الحد الأقصى المسموح به.

والآن حيث يعيش حوالى 50% من سكان الأرض فى المدن بعيدا عن الأراضى المنتجة لغذائهم ومتطلباتهم الزراعية ظهرت مشاكل التلوث فى المدن نتيجة لتكدس الفضلات ، كما ظهر التلوث فى الريف نتيجة التوسع فى التسميد الكيميائى وخاصة فى النصف الثانى من القرن العشرين ، حيث زاد إنتاج العالم حاليا من الأسمدة الكيميائية تسعة أضعاف الإنتاج سنة 1950 ، لما ظهر من إستجابة كبيرة للتوسع فى التسميد على زيادة الإنتاج الزراعى. أدت زيادة معدلات عناصر التسميد فى التربة إلى تسرب الكثير منها إلى المياه الجوفية ثم إلى مياه الصرف الزراعى ، وأصبح تلوث مياه الشرب بالمواد النتروجينية والفوسفاتية والبوتاسية من الأمور الشائعة . كما تسبب التوسع فى التسميد النتروجينى إلى إنتشار الأمراض والحشرات على النباتات ، مما أدى إلى التوسع فى إستخدام المبيدات وما يتبع ذلك من حدوث تلوث بالمبيدات للهواء والغذاء وماء الصرف الزراعى. كما تسبب إرتفاع معدلات العناصر السمادية فى مياه الأنهار والبحيرات إلى حدوث نمو مكثف للطحالب على حساب أشكال أخرى من الأحياء وخاصة الأسماك والقشريات والأصداف. كذلك فإن المبيدات التى وصلت إلى تلك المياه خلال الصرف الزراعى قد أثرت تأثيرا ضارا على نمو الحياة الحيوانية البحرية وإنتقلت منها إلى الطيور والإنسان.

التلوث الناتج عن التسميد النتروجينى والفوسفاتى الزائد ضار بصحة الإنسان ، إذ أن الزائد منه يتسرب بفعل مياه الرى إلى المياه الجوفية ومنها إلى مياه الصرف الزراعى أو إلى مياه الأنهار وقد يصل إلى مياه الشرب. لا يقتصر وجود النترات الزائدة فى التربة الزراعية المسمدة به أو فى المياه المتسربة منها ، بل قد يزداد وجودها فى النباتات إذا ما إمتصت تلك النباتات كميات منها أكثر من التى تستطيع تمثيلها وتحويلها إلى أحماض أمينية ومواد بروتينية وغيرها من المركبات العضوية النتروجينية. وتختلف النباتات فى قدرتها على تخزين أملاح النترات على صورتها، ومن أكثرها تخزينا لها الفجل والبنجر والخس والكرفس.

النترات إذا وصلت إلى جسم الإنسان فمن الممكن أن تختزل إلى نتريتات ، والنتريتات يمكنها أن تتفاعل مع هيموجلوبين الدم فيتحول بعضه إلى مركب جديد يعرف بمتهيموجلوبين methemoglobin يختلف عن الهيموجلوبين فى أن ذرة الحديد به ثلاثية التكافؤ بعد أن كانت فى الهيموجلوبين ثنائية التكافؤ ، وهذا المركب الجديد لا يقبل الأكسوجين ويتسبب فى نقص كفاءة الدم فى نقل الأكسوجين ، مما ينتج عنه عجز أكسوجين شديد الخطورة على الأطفال مسببا مرض الطفل الأزرق الذى قد يؤدى إلى الوفاة ، وقد يتسبب المركب الجديد إلى حدوث تلف فى المخ قد يؤدى إلى الموت فى صغار الأطفال. تصنف النترات والنتريتات ضمن أخطر ملوثات مياه الشرب فى أوربا وأمريكا الشمالية ويتوقع تفاقم تلك المشكلة فى كثير من الدول الزراعية كالبرازيل والهند ومصر نتيجة للتوسع فى التسميد النتروجينى.

كما أن المركبات الفوسفاتية تعتبر من أهم ملوثات مياه الصرف الصحى والتى تكثر بها نتيجة للإستعمال المنزلى للمنظفات الصناعية ، فهى أيضا من الملوثات الخطيرة فى مياه الصرف الزراعى نتيجة للإستخدام الزائد للتسميد الفوسفاتى . المركبات الفوسفاتية تبقى ثابتة لمدد طويلة حيث أنها بطيئة التحلل وهى ذات أثر سام على الإنسان والحيوان إذا ما وصلت إليه عن طريق مياه الشرب.

من الملوثات الأخرى الشديدة الخطورة لمياه الصرف الزراعى المبيدات الزراعية والتى إستخدمت بتوسع فى السنين الأخيرة لمقاومة الآفات رشا أرضيا وبالطائرات وتعفيرا للنباتات وتبخيرا للتربة ، وقد سبق الحديث بتوسع عنها وعن أنواعها وعن أضرارها.

الصرف الصحى

تمر معظم نواتج الإنتاج الزراعى الغذائية خلال الجهاز الهضمى للإنسان ، وتمر بقاياها خلال إفرازاته البولية والبرازية ، مما يجعل من فضلات الإنسان مصدرا غنيا بالمواد العضوية والغذائية الصالحة لنمو وتغذية كائنات حية أخرى ، ويمكن تدويرها من خلال تلك الكائنات لتكون فى صالح الإنسان. تنبه لذلك قدماء الصينيين من آلاف السنين ، فإعتمدوا فى زراعاتهم على التسميد بمخلفاتهم. وحاليا تحت ظروف التكدس السكانى فى المدن فإن معظم المخلفات الآدمية لا يعاد إستخدامها ، وأن معدلات الإستخدام غير الآمن فى زيادة مطردة. ففى معظم مناطق إفريقيا وآسيا تصب معظم مياه الصرف الصحى دون معاملة ، فى الأنهار وفى الأراضى الزراعية أو الأراضى غير المنزرعة. وفى كثير من المناطق الصحراوية يستخدم ماء الصرف فى رى المزروعات. ما يعامل من تلك المياه معاملة صحية قبل إلقائها يقدر بحوالى 10% منها فقط ، مما أدى إلى كثرة إنتشار الأمراض.

يتكون ماء الصرف الصحى من خليط من مواد ذائبة وغروية وجسيمات عضوية وغير عضوية ، إضافة إلى كائنات حية صغيرة من ميكروبات بكتيرية وفيروسية وفطرية وبروتوزوية ، وكذلك أنواع من الديدان. لا تقتصر مكونات مياه الصرف الصحى على الإفرازات الإنسانية بل تضم إليها مياه التنظيف والاستحمام والصابون والمنظفات الصناعية ومركبات فينولية ومبيدات مختلفة. وغالبا ما تصب منتجات الصرف الصناعى فى شبكة الصرف الصحى فتزداد مياهها تلوثا بالمواد الكيميائية من عوادم صرف المصانع المختلفة وكذلك كثيرا ما تصب فيها مياه غسيل وتشحيم السيارات بما تحتويه من زيوت معدنية.

تحتوى مياه الصرف الصحى على ما يزيد عن 99 % ماء ، والباقى عبارة عن الخليط السابق ذكره ، وهذا الخليط هو الذى يحدد نوعية الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية. تتحدد نوعية ماء الصرف الصحى الطبيعية باللون والرائحة والعكارة ودرجة الحرارة ، والأخيرة تكون عادة أعلى من حرارة الجو. وتتحدد نوعية ماء الصرف الكيميائية بمحتواها من المواد العضوية وغير العضوية ، ويعتبر المحتوى العضوى هو العامل الأساسى فى تلوث مياه الصرف الصحى. المجموعة الرئيسية للمواد العضوية هى المواد البروتينية والتى تكون حوالى 50 % من المكون العضوى ، يليها فى ذلك المواد الكربوايدراتية والتى تكون حوالى 45 % ثم الدهون والزيوت والتى تكون حوالى 10 %. تتحلل المواد البروتينية والكربوايدراتية تحللاً سريعاً فى حين أن الدهون والزيوت تكون أكثر ثباتاً وتحللها يكون بطيئاً.

فى إحصاء تم سنة 1990 قدرت أعداد السكان الذين يلقون بمخلفاتهم الصحية فى البيئة دون أية معاملة بحوالى 1700 مليون شخص على مستوى العالم. وفى الريف الإفريقى وجد أن نحو 20 % فقط هم الذين لديهم وسائل صحية لتصريف مخلفاتهم الصحية ، وفى ريف جنوب شرقى آسيا 12 % فقط الذين ينعمون بحياة صحية. فى البيئات التى لا تنعم بوسائل صحية للصرف الصحى ، يكثر حدوث وفيات بين الأطفال نتيجة للإسهال تصل إلى 60 % ، وقد أمكن الإقلال من تلك الوفيات بدرجة كبيرة بإستخدام محلول الجفاف والذى يحتوى على خليط من محلول ملحى وسكرى. ومن المشاهد المألوفة فى دول العالم النامى أن تجد مخلفات الصرف الصحى غير المعالجة تطفح من بالوعات المجارى فى الشوارع. وفى دراسة قام بها برنامج الأمم المتحدة للبيئة سنة 1991 إتضح أن 80 % من الأمراض الشائعة فى الدول النامية تنشأ عن الإفتقار للصرف الصحى وإلى القذارة .

إن إلقاء نواتج الصرف الصحى دون معاملة فى مجرى مائى أو فى الأراضى يؤدى عند تحلل المواد العضوية بها إلى تصاعد روائح كريهة وتصاعد غازات منها الميثان والأمونيا وكبريتيد الإيدروجين ، كما أن هذه المياه تحتوى غالبا على مسببات مرضية ومغذيات قد تشجع على نمو حياة مائية غير مرغوبة وتتسبب فى نقص الأكسوجين بالماء ، كما قد تحتوى على مركبات سامة ولهذا فإنه يجب عدم إستخدام مخلفات الإنسان أو إلقائها سواء فى الماء أو الأراضى إلا فى ضوء التطبيق الدقيق لمقاييس صحية.

الكيميائيات الناتجة عن المنظفات والصرف الصناعى والتى تختلط بمياه الصرف الصحى كثيرا ما تخلق مشاكل نتيجة لصعوبة تحللها بيولوجيا ولأنها تكون رغاوى وبعض مكوناتها من مسببات أمراض السرطان. المركبات غير العضوية التى تتواجد عادة بمياه الصرف الصحى تشمل مركبات نتروجينية وفوسفاتية وكبريتية ومعادن ثقيلة. والغازات غير العضوية المتصاعدة تشمل ثانى أكسيد الكربون والأمونيا وكبريتيد الايدروجين والآزوت والأكسوجين وفى ضوء الغازات المتصاعدة تحدد المعاملة الهوائية ، ففى حالة نقص الأكسوجين تنشط البكتريا اللا هوائية ويحدث إختزال للأملاح غير العضوية وتنشط البكتيريا المنتجة للميثان وكبريتيد الأيدروجين ، وبوجه عام فإن منتجات البكتيريا اللا هوائية ضارة بالصحة.

نتيجة للنشاط البيولوجى فى مياه الصرف الصحى يقل ما تحمله المياه من مواد عضوية وتزداد تدريجياً معدلات المواد غير العضوية ، كما تزداد أعداد وأنواع الكائنات الدقيقة والتى ينتج معظمها عن براز الإنسان ، فى حين أن البول يكون عادة خالى من مسببات الأمراض إلا فى حالات محدودة. يحتوى براز الإنسان على مسببات أمراض عديدة قد تكون مصدر عدوى. تدخل مسببات الأمراض إلى جسم الإنسان عن طريق مياه الشرب الملوثة والغذاء الملوث والأيدى الملوثة. وفى بعض

الحالات ، كما فى حالة بعض الديدان كالأنكلستوما والبلهارسيا ، فإنها قد تدخل مباشرة عن طريق الجلد (شكل 41). تتسبب تلك المسببات فى حدوث أمراض الإسهال والكوليرا والتيفود وديدان الأمعاء وغيرها من الأمراض .

إذا ألقيت مخلفات الإنسان مباشرة فى مجارى المياه أو البحيرات ، تنشط ما بها من كائنات دقيقة ، فتتكاثر بسرعة وتزداد أعدادها ، وتسحب الكائنات الدقيقة أثناء ذلك كثيرا من الأكسجين الذائب فى الماء ، مؤثرة بذلك تأثيرا ضارا على نمو الكائنات المائية ، كما أن بعض أنواع البكتيريا قد تتراكم على خياشيم الأسماك مسببة إختناقها. ومع تناقص أكسوجين الماء تنشط البكتيريا اللا هوائية الضارة بأحياء الماء.

وإذا إحتوت مياه الصرف الصحى الملقاة فى مجارى المياه أو البحيرات أو البحار على مواد كيميائية سامة ، فإن تلك تزداد تركيزا فى النباتات والحيوانات التى تعيش فى تلك المياه ، ويزداد التركيز أكثر فى الحيوانات البحرية التى تعيش على نباتات وحيوانات بحرية ملوثة ، وهكذا يزداد التركيز خلال التصاعد فى سلسلة الغذاء حتى يصل إلى الطيور والإنسان الذى يعيش على الأسماك والحيوانات البحرية الأخرى الملوثة.

ومن المخاطر المرتبطة بمياه الصرف الصحى ما يلى :

1. عدوى الجلد أو الدم بالتعرض المباشر لمياه الصرف أو خلال جروح.
2. عدوى العيون والجهاز التنفسى من التعرض للغبار الناتج عن مخلفات الصرف الصحى خاصة خلال إلقاء تلك المخلفات فى مقالب أرضية .
3. أمراض تنتقل عن طريق الذباب الذى يتغذى على المخلفات الصحية وتشمل أمراض الكوليرا والتيفود وأمراض الإسهال .

4. أمراض تنقلها للإنسان حيوانات فقرية تتغذى على مخلفات صرف صحى مثل مرض الكلب rabies الذى يصيب الإنسان عن طريق عض الكلاب أو حيوانات أخرى مصابة به.

مما سبق تتضح الأهمية الكبيرة لمعاملة مياه الصرف قبل التصرف فيها ، وذلك لتقليل الأخطار المحتملة والتى تنتج عنها . الغرض الأساسى من معاملة ماء الصرف هو تحويل مكوناتها إلى مركبات أبسط غير ضارة نسبيا قبل إلقائها فى الأرض أو فى الماء ، حتى نقلل أخطار ذلك من تدهور فى قيمة الأرض أو فى صفات الماء وحتى نقلل من التلوث الميكروبى أو الكيماوى لنتقى شر كثير من الأمراض. وتجرى معاملة الماء كالآتى :

1 - الترسيب : ويتم ذلك فى أحواض خاصة تعرف بأحواض الترسيب وفيها يمكن التخلص من حوالى 50 % من مجموع المحتوى الصلب لمياه الصرف الصحى حيث تترسب المواد الصلبة بفعل الجاذبية ، وفى نفس الوقت يمكن إستبعاد المواد التى تطفو على السطح من زيوت وشحومات وقاذورات طافية وذلك بالكشط أو الشفط . يفصل عقب ذلك الرائق الذى ينقل عقب ذلك إلى أحواض التهوية. أما الحمأة sludge المتجمعة بعد فصل السائل الرائق ، فتكون فى حالة نصف صلبة وتكون بمعدل 100 إلى 300 ملليجرام لكل لتر من ماء الصرف. تحتوى الحمأة على أنواع من البكتيريا اللا هوائية.

يمكن الإسراع فى عملية الترسيب بإستخدام أملاح الشبة التى تساعد على تجميع المواد الصلبة.

تعامل الحمأة بغرض تقليل حجمها وتحليل مكوناتها للحصول على مركبات عضوية وغير عضوية ثابتة. وتجرى معاملة الحمأة فى أحواض الهضم ، ويتم ذلك لا هوائيا فى أغلب الأحوال ، وأثناءها تتكون غازات أهمها الميثان والأمونيا

وكبريتيد الإيدروجين. تجرى معاملة الحمأة على درجات حرارة 35 إلى 42°م وتستغرق مدة تتراوح ما بين عشرة إلى ستين يوما.

جدول 4 : مسببات أمراض تنتقل عن طريق مخلفات الإنسان

طريقة النقل	المسببات المرضية			
	فيروسات	بكتيريا	فطريات	متطفلات
مخلفات ملوثة بمسببات مرضية	إلتهاب كبدى وبائى B و C الإيدز AIDS	كروية عنقودية *Staphylococcus* كروية فى سلاسل streptococcus التيتانوس الكوليرا		
غبار محمل بمخلفات آدمية ملوثة	التراكوما إلتهاب الملتحمة	الجمرة الخبيثة إلتهاب رئوى	إصابات فطرية mycosis	
حاملات أمراض تعيش أو تتكاثر فى مياه ملوثة بفضلات إنسان	حمى الدنج dengue الحمى الصفراء			الملاريا داء المنشقات shistosomiasis داء الفيل flariasis
حيوانات ضالة أو برية أو قارضات تتغذى على فضلات إنسان	الكلب rabies	الطاعون plague		الليشمانيا leishmaniasis المرض العدارى hydatidosis

قد تستعمل حمأة الصرف الصحى قبل معاملة الهضم السابقة فى إنتاج البيوجاز أو تستخدم بعد المعاملة فى المزارع كسماد. ويعيب إستخدام الحمأة كسماد إحتوائها على كثير من الكيماويات الناتجة عن الإستخدامات المنزلية والصرف الصناعى. فى دراسة أجريت بجامعة كورنيل وجد أن حمأة الصرف الصحى للولايات المتحدة

الأمريكية تحتوى على أكثر من 60 ألف مركب كيماوى ومادة سامة ، يضاف إليهم سنويا من 700 إلى 1000 مركب جديد. تشمل تلك المركبات مبيدات ومنتجات بترولية ومذيبات عضوية ومعادن ثقيلة.

2 - التهوية : ينقل الجزء الرائق من مياه الصرف الصحى إلى أحواض التهوية، حيث يتم إدخال تيار من الهواء إلى الماء للعمل على تثبيط نشاط الكائنات الدقيقة اللا هوائية وتنشيط الكائنات الهوائية ، والتى تعمل على تحليل ما تبقى من مواد عالقة لم يتم ترسيبها فى المرحلة السابقة. تتم التهوية بإدخال الهواء إلى قاع حوض التهوية من أحد جوانبه ، فيعمل الهواء على تحريك الماء بفعل حركة الهواء من أسفل إلى أعلى. وقد تتم التهوية بطريقة ميكانيكية بإستخدام سلاح كبير يقوم بتحريك الحوض فتتخلل فقاعات الهواء ماء الصرف.

تؤدى معاملة التهوية إلى إزالة حوالى 99% من المحتوى البكتيرى لمياه الصرف وإلى تحويل المواد الرغوية والعالقة إلى مواد راسبة فى صورة كتل بيولوجية متلبدة، لا تلبث أن ترسب فى أحواض ترسيب أخرى .

الماء الناتج بعد عملية التهوية يصلح لرى وتسميد الحدائق أو يصرف فى أراضى منخفضة بعيدة عن المدن. تستخدم كثير من الدول تلك المياه ، فالدول الأوربية تستخدم تقريبا ثلث صرفها الصحى ، والولايات المتحدة الأمريكية تستخدم 28% من صرفها الصحى فى الزراعة ، ويتم ذلك لعدة أسباب.

أ - الإستفادة من الماء فى حالة عدم توفره .
ب - التسميد الرخيص للأراضى الزراعية .
جـ - التخلص من كمية كبيرة من مياه الصرف الصحى.

يعيب إستخدام مياه الصرف الصحى فى الرى والتسميد ، هو أن هذه المياه غالبا ما تحتوى على مخلفات الصرف الصناعى مما يجعل المياه ملوثة ببعض الكيماويات السامة والمعادن الثقيلة ، مما يتحتم معه لسلامة إستخدام سائل الصرف الصحى ؛

إما فصله عن الصرف الصناعى ، أو فصل المواد الضارة من مخلفات المصانع قبل صبها فى الصرف الصحى. وقد لوحظ إرتفاع نسبة المعادن الثقيلة وبخاصةً عنصر الكادميوم فى الماء الأرضى للأراضى الزراعية التى تروى بمياه الصرف الصحى بإسرائيل ، والتى بدأت فى التوسع فى إستخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة ، والتى يقدر بها ما يستخدم من ماء الصرف الصحى فى الرى بحوالى 65 % من مجمل مياه صرفها. وعموما يجب عدم إستخدام مياه الصرف الصحى فى رى الأراضى التى تزرع خضروات ، ويستحسن عدم إستخدامها فى رى المحاصيل التى تؤكل طازجة ، وعلى أن يجرى الرى بطريقة التنقيط أو الغمر وعدم إستخدام طرق الرش بتاتا. أحيانا تعامل المياه الناتجة بعد التهوية معاملات كيميائية خاصة ، الغرض منها التخلص من بعض المكونات غير المرغوب فيها كبعض العناصر الثقيلة.

3 - **التطهير** : يجرى تطهير الماء للتخلص من الميكروبات الممرضة وذلك كخطوة أخيرة للوصول بالماء إلى درجة تصلح لشرب الإنسان و "حيوان ، أو لصبه فى مياه الأنهار ، ذلك أن صب المياه فى الأنهار دون تطهير يساعد على إنتشار كثير من الأمراض الوبائية كالكوليرا والتيفود. ويستخدم للتطهير غاز الكلور أو غاز الأوزون .

بالنسبة للتطهير بالكلور فإنه ينصح بأن لا يقل المتبقى منه فى الماء عن نصف ملليجرام لكل لتر ولمدة لا تقل عن ساعة ، ولا يجب أن يزيد تركيزه عن ملليجرام واحد للتر ، لأن زيادة التركيز قاتلة لأحياء الماء. وحديثا وجد أنه يخشى من أن إستخدام الكلور فى المياه المحتوية على مواد عضوية يتسبب فى تكوين مركبات هيدروكربونية مكلورة تؤثر تأثيرا ضارا على الصحة ، وقد تكون تلك المركبات حافزة على تكوين أورام سرطانية.

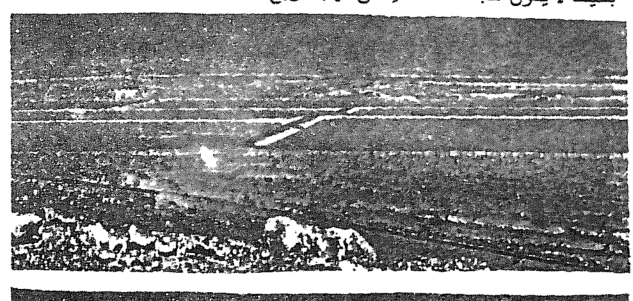
أحيانا بفضل الأوزون كغاز مطهر عن الكلور لتفوقه فى قدرته التطهيرية ، ولأنه يعمل على سرعة تجميع المواد العالقة مما تسهل معه عملية الترشيح. فالأوزون يقتل فيروس الإلتهاب الكبدى الوبائى بالتعريض لتركيز 0.45 جزء من المليون ، فى حين أن ذلك يتطلب 2 جزء فى المليون من غاز الكلور ولمدة 3 ساعات. كما يقضى الأوزون على الطحالب واليرقات بجرعة جزء واحد فى المليون ، ويقضى على البروتوزوا والحيوانات الصغيرة بجرعة 2 جزء فى المليون. وعموما فإن جرعة الأوزون المستخدمة تختلف حسب درجة التلوث ونوعيته من 0.5 إلى 4.0 جزء فى المليون. ويفضل أن لا يكون إستخدام الأوزون كمطهر نهائى للمياه ، إذ أنه سريع التطاير ، على أن يكون إستخدامه للتطهير المبدئى ولتجميع العالقات ثم يرشح ، ويتم التطهير النهائى بالكلور.

كثير من المناطق الحارة فى العالم تعانى من شحة الماء ، وقد دلت إحصائيات سنة 1985 على أن 40 شخصا من كل 100 شخص فى كثير من دول العالم لا يجدون ما يحصلون عليه من ماء شرب آمن ، لهذا كان من الأهمية بمكان إعادة إستخدام مياه الصرف ؛ سواء الصحى أو الصناعى ، مع مراعاة إزالة ما بهما من كائنات مسببة للأمراض فى الإنسان والحيوان والنبات ، وكذلك العمل على إقلال المحتوى الصلب لتلك المياه ، ونظرا لعدم توفر الإمكانيات فى كثير من تلك المناطق لإجراء عمليات التنقية والتطهير فقد إستحدثت طريقة برك الإستقرار stabilization bonds ، وهى طريقة بسيطة إستخدمت فى بعض دول العالم الفقيرة مثل الهند منذ أكثر من 85 سنة ، مع توفر أراضى ذات قيم منخفضة. تحفر فى هذه الأراضى برك تملأ بمياه الصرف الصحى . البرك تكون مربعة أو مستطيلة على أن يكون زواياها غير حادة ، ويستفاد من أتربة الحفر فى تعلية حواف البرك بميل 1 : 3 أو 1 : 4 فى الجانب الداخلى (المبتل) و 2 : 3 فى الجانب الخارجى (الجاف). ويفضل تغطية الجانب الجاف وكذلك الجزء العلوى من الجانب المبتل بحشائش للتثبيت. وعموما فإن مساحة البرك وأعماقها يتوقف على عدد سكان التجمع السكنى ، وتقدر مساحة البرك المطلوبة على أساس 30 هكتار * (71 فدان)

* الهكتار hectar = 10000 متر مربع = 10 دونم

لكل مائة ألف نسمة . تملأ البرك بماء الصرف الصحى ونترك فيها لمدد تتراوح ما بين 10 أيام إلى بضعة أسابيع ، حيث تترك لقوى الطبيعة من ضوء شمس وحرارة ورياح وكائنات دقيقة بكتيرية وطحلبية وغيرها ، فى العمل للحصول على ماء يمكن الإستفادة منه .

يراعى عند إختيار مواقع برك الإستقرار البعد عن أماكن التجمعات السكانية بأكثر من 500 متر ويفضل أن تزيد عن 1000 متر ، مع مراعاة إتجاه الرياح السائدة بحيث لا يكون التجمعات السكنية فى مهب الريح القادمة من البرك.





شكل 30 : برك إستقرار بالهند

إستخدم ورد النيل (الياسنت المائى) (شكل 11) بنجاح فى برك الإستقرار لتحسين صفات الماء الناتج ولتقليل نمو الطحالب والكائنات الدقيقة وللإقلال من الأملاح الذائبة فى الماء ، ولكن نظرا للسرعة الكبيرة التى يتكاثر بها وسهولة إنتشاره فلا ينصح بإدخاله فى دولة أو منطقة خالية منه. يفيد ورد النيل فى سحب كميات كبيرة من النترات والفوسفاتات والمعادن الثقيلة من الماء. وفى نفس الوقت فإن جذوره تتجمع عليها كتل جيلاتينية حيوية تلتصق عليها كائنات دقيقة تقوم بتحليل الكتل الجيلاتينية محولة إياها إلى أملاح غير عضوية وغازات أهمها ثانى أكسيد الكربون . وعند جمع نباتات ورد النيل يتخلص معها من كل ما يتجمع حول جذورها .

ينمو ورد النيل بسرعة كبيرة فى الجو الحار ، فتتضاعف كتلته كل ستة أيام تقريبا. ويمكن إنتاج أكثر من أربعة أطنان منه تحتوى على أكثر من 200 كيلوجراما من المادة الجافة من مساحة هكتار من بركة الإستقرار يوميا. وقد وجد أنه فى بركة إستقرار مساحتها 5500 متر مربع وعمقها 60 سنتيمتر وغذيت بمياه صرف بمعدل 1000م^3 يوميا ، قلت نسبة النتروجين فى الماء بمعدل 80 % ، كما قلت نسبة الفوسفور بمعدل 44 % خلال 48 ساعة. لإستخدام تلك المياه للرى الزراعى يراعى أن لا يزيد المحتوى المائى للمواد الذائبة عن 2500 ملليجرام/ لتر ، لهذا فإن زراعة ورد النيل تحسن كثيرا من صفات الماء.

لتسهيل جمع ورد النيل نستخدم برك إستقرار مستطيلة وطويلة بحيث لا يزيد عرضها عن 10 متر ، كما ترتب البرك فى صفوف متوازية بينها طرقات.

ويمكن الإستفادة من ورد النيل فى إنتاج سماد عضوى بعد خلطه بمخلفات المزارع النباتية والحيوانية ، أو يستخدم فى تغذية الحيوانات ، أو يدخل فى عمليات التخمير اللا هوائى لإنتاج البيوجاز المستخدم كوقود .

للتخلص من مياه الصرف الصحى ، لا يجب أن يتم ذلك قبل إتمام المعالجة الإبتدائية لفصل ما بها من فضلات ومواد صلبة ، وفى حالة الصرف فى مياه البحر فيجب أن يكون الصرف بعيداً عن الشاطىء بحوالى عشرة كيلومترات وفى عمق لا يقل عن 50 متراً من سطح البحر ، مع الأخذ فى الإعتبار إتجاه التيارات البحرية حتى لا تعود تلك المياه ناحية المدن .

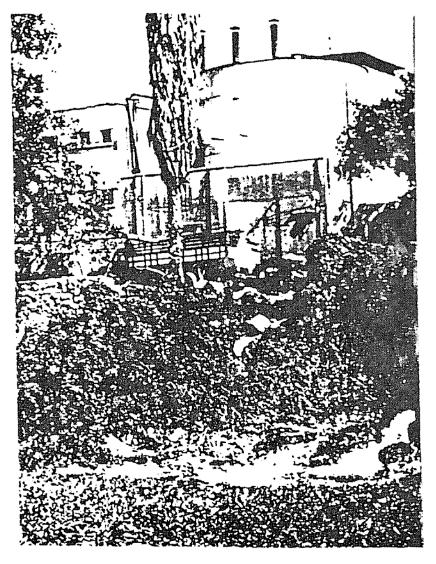
وفى حالة التخلص من مياه الصرف الصحى فى الأراضى فتفضل فى ذلك الأراضى المسامية وأفضلها الصحراوية البعيدة عن الأماكن العمرانية ، وعلى أن يراعى إتجاه الرياح السائدة حتى لا تهب محملة بروائح وملوثات الماء ناحية المناطق السكنية .

التلوث الناتج عن الصناعة

في ظل التقدم التكنولوجي والثورة الكيميائية ظهر العديد من المركبات الكيميائية التي لم تكن معروفة سابقاً ، ومع الزيادة المستمرة في الطلب في ضوء الزيادة العددية للسكان والزيادة في متطلبات الفرد ، إزداد الإنتاج العالمي من الكيمائيات. أدى كل ذلك إلى إرتفاع الإنتاج السنوي للكيماويات حوالي 70 ضعفا خلال أربعين سنة ، فقد كان الإنتاج العالمي منها حوالي سبعة ملايين طن سنة 1950 وصار حوالي 500 مليون طن سنة 1990. الكثير من نواتج ومخلفات الإنتاج الصناعي ضار بصحة الإنسان ، والبعض منها محفزة للأمراض السرطانية ، والبعض من مسببات أمراض الحساسية ، والكثير منها ضار بالكلى والكبد. وقد قدرت أعداد المركبات الكيميائية التي تفرزها مخلفات الصناعة والمسببة لأضرار صحية بحوالي 35000 مركب كيميائي.

قد تصب مخلفات المصانع السائلة في مجاري الصرف الصحي أو الصرف الزراعي أو في المجاري العامة للمياه (شكل 31) أو يتم التخلص منها في مواقع قريبة من مصانعها وتمتلكها تلك المصانع ، وهذا ما يحدث في كثير من الصناعات. وفي جميع الأحوال فإن مخلفات المصانع السائلة تمثل مشكلة تلوث بيئي. فالمصانع التي تلقي بمخلفاتها قريباً منها تصبها عادة في آبار عميقة ، وكثيراً ما تكون تلك المخلفات سبباً في تلوث المياه الجوفية ، وحتى ولو كانت مخلفات المصنع مواداً صلبة ووضعت في عبوات محكمة الإغلاق ودفنت بالأرض ، فإنها في يوم ما سوف تتآكل العبوات من داخلها بفعل ما تحتويه من كيماويات أو من خارجها بفعل عوامل الطبيعة ، وعندئذ يحدث التلوث للتربة والمياه الجوفية. يرى البعض أنه يجب حقن المخلفات السائلة للمصانع إلى أعماق كبيرة تصل إلى 900 متر أو أكثر حتى لا تكون سببا في تلوث مستقبلي.

أما إذا ما صبت مخلفات المصانع السائلة فى مجارى المياه ، فإنه من الصعوبة تنقية تلك المياه من مخلفات الصناعة ، لإستخدام هذه المياه فى الشرب أو فى الرى الزراعى ، ذلك أن المعالجة العادية للمياه تعتمد على فصل المواد الصلبة الراسبة والطافية والمواد العالقة ، ثم تحليل المواد العضوية المتبقية بيولوجياً ثم التطهير لإبادة الكائنات الحية الدقيقة. تبقى بعد ذلك المواد الذائبة والتى ينتج الكثير منها عن مياه الصرف الصناعى.



شكل 31 : أحد المصانع يصب مياه صرفه فى أحد الترع

ونظراً للاختلاف الكبير فى التركيب الكيماوى لمحتوى مياه الصرف الصناعى الناتج عن الصناعات المختلفة ، حيث أن مخلفات صناعة الورق تختلف عن مخلفات صناعة النسيج أو صناعة الدهانات أو صناعة الزيوت والصابون ، ومخلفات صناعة دباغة الجلود تختلف عن مخلفات مصانع الصابون والمنظفات الصناعية ، ومخلفات صناعات التعدين تختلف من معدن إلى آخر ، لهذا كان من الأفضل معالجة مياه الصرف الصناعى محلياً فى كل صناعة على حدة ، على أن لا تصب فى الصرف العام إلا بعد تمام معالجتها ضد ما بها من مواد كيميائية ضارة ، وحتى تكون خالية من الملوثات قبل خروجها من المصنع. فى حالات قليلة تكون المخلفات الصناعية خالية من الملوثات الكيميائية ، وذلك كما فى حالة مياه التبريد ، وهذه يمكن صرفها فى المجارى المائية ولكن يجب مراعاة تبريدها قبل إلقائها حتى لا تحدث بالمياه تلوث حرارى.

صنفت اللائحة التنفيذية لقانون البيئة المصرى رقم 4 لسنة 1994 المشروعات الصناعية إلى قوائم ثلاثة تبعاً لشدة آثارها البيئية ، وهذه القوائم ، قائمة بيضاء وتضم المشروعات ذات الآثار البيئية الضئيلة ، وقائمة رمادية ، وتضم المشروعات ذات الآثار البيئية الهامة ، وقائمة سوداء وتضم المشروعات ذات الآثار البيئية الخطيرة. وفيما يلى بيان ببعض المشروعات الصناعية ذات التأثيرات البيئية الهامة والخطرة والملوثة للبيئة :

- مسابك الحديد والصلب والمعادن غير الحديدية.
- مصانع الصلب والحديد والزهر.
- مصانع الطلاء الكهربائى .
- مصانع الأفلام وأوراق التصوير الفوتوغرافى ومعامل التحميض .
- مصانع الصمغ الصناعى والغراء.
- مصانع إنتاج لب الورق والورق والكرتون .
- مصانع الغزل والنسيج .

- ورش تصنيع الأخشاب .
- أعمال صباغة المنسوجات .
- معامل تكرير البترول وصناعة البتروكيماويات .
- مصانع الكاوتشوك و البلاستيك .
- منشآت التنظيف و المغاسل .
- صناعة الأوفست .
- مصانع تكرير السكر .
- مصانع تدخين المواد الغذائية.
- المدابغ ومنشآت تصنيع الجلود و الأحذية .
- منشآت تصنيع و إنتاج أعلاف الحيوانات و الأسماك .
- مصانع الأدوية و الكيماويات .
- مصانع الأسمنت .
- مصانع الصابون و المنظفات ومواد النظافة .
- مصانع إنتاج و إستنباط المبيدات الحشرية .
- المجازر الخاصة بذبح الحيوانات .

من الحوادث الخطيرة التى نتجت عن عمليات صرف صناعى ما حدث باليابان فى إبريل سنة 1956 ، عندما صرف أحد المصانع مياها ملوثة بمركب زئبقى فى مياه خليج ميناماتا وتسبب فى إصابة وموت العديد من الأهالى نتيجة تغذيتهم على أسماك ومحارات ورخويات تلوثت بالمركب الزئبقى ، مما كان حافزا على فرض مقاييس صارمة على المصانع بالنسبة لما تصرفه من ملوثات . والحادث الآخر كان من نصيب نهر الراين عندما تسربت إلى مياهه سنة 1980 مواد كيمائية ، أثناء إطفاء حريق فى أحد المصانع السويسرية المطلة على النهر ، تستخدم فى تصنيع أحد المبيدات وتسببت فى موت مئات الآلاف من الأسماك (شكل 26).

لا تقتصر الأضرار الناتجة عن المصانع على مخلفاتها والتى تصب فى البيئة فتلوثها ، ولكن أضرار الصناعة تمتد إلى منتجاتها النهائية والتى يمكن أن تصل إلى مجارى المياه عن طريق الصرف الصحى المباشر ، وذلك كما فى الصابون والمنظفات الصناعية المختلفة المستخدمة منزليا ، وغير ذلك مما يستخدمه الأهالى من منتجات الصناعة.

تعتبر المنظفات الصناعية بأنواعها المختلفة ، السائلة والصلبة ، والتى تشمل منظفات غسالات المنازل والأطباق ، والمنظفات الخاصة بدورات المياه ، والمنظفات المستخدمة فى تنظيف وتلميع الموبيليا والزجاج وغيرها ، من الملوثات الخطيرة نظرا لتواجدها بمياه الصرف الصحى بكميات كبيرة. تختلف المنظفات المختلفة الموجودة بالأسواق فى تركيباتها ، فهى تحتوى على مواد مستحلبة وأخرى حافظة للألوان ، وقد تحتوى على مبيضات أو مزيلات للون ، كما قد تحتوى على إنزيمات لتحليل المواد العضوية. كثير من محتويات تلك المنظفات يقاوم التحلل والكثير يحتوى على مواد فوسفاتية ضارة بالصحة. تصل هذه المنظفات إلى مياه الأنهار فتظهر على سطوح مياهها رغاوى تعزل الماء عن الأكسوجين الجوى وبذلك تضر بأحياء الماء. إضافة إلى ذلك فإن المنظفات الذائبة فى الماء تعود إلينا مع ماء الشرب ، ذلك أن عمليات الترسيب والترشيح والتطهير التى تتبع فى تنقية المياه لا تحجز المنظفات الصناعية عنا. ففى سنة 1960 قدر ما يصل جوف الإنسان المقيم بإنجلترا من منظفات بحوالى خمسة ملليجرامات يوميا ، ثلاثة منها تصله مع ماء الشرب والباقى يتناوله مع ما يتبقى بالآنية المستخدمة فى إعداد وتناول الطعام بعد غسلها بالمنظفات . وقد سبق أن نبهنا فى كتاب سابق* عن خطورة إستخدام المنظفات الصناعية فى غسل المأكولات وخاصة الخضروات الورقية بالمنظفات الصناعية لأنها تمتص فى أنسجة النبات ولا يسهل غسلها بعد ذلك بالماء الجارى.

---

* التلوث المنزلى سنة 1999 للمؤلف.

الجزء الثالث

الآثار العامة للتلوث البيئى

التـــأثير الصـــوبى

يقصد بالصوبة ، البيت الزجاجى greenhouse الذى يستخدم فى تنمية النباتات المحبة للحرارة ، عندما نرغب فى تنميتها تحت ظروف حرارية جوية باردة أو مائلة للبرودة ونشاهد الصوب بكثرة فى الحدائق النباتية بالبلاد الباردة حيث تنمى بها النباتات الإستوائية وشبه الإستوائية طوال العام ، وتشاهد فى بلادنا حيث تنمى بها عادة نباتات الخيار والطماطم والفراولة والكانتلوب خلال فصل الشتاء ، ونشاهدها فى المشاتل لتربية بعض النباتات فى أطوار نموها الأولى ، ذلك أن الزجاج يسمح بمرور الأشعة الشمسية المضيئة إلى الداخل ويمنع خروج كثير من الأشعة المرتدة ثانية إلى الخارج ، وبذلك تزداد الحرارة داخل الصوبة مقارنة بالحرارة خارجها. هذا ما نلاحظه أيضا فى السيارات المغلقة خاصة قرب الزجاج الساقط عليه أشعة الشمس.

التأثير الصوبى greenhouse effect * ظاهرة من فعل الإنسان وتعزى إلى ما يبثه الإنسان فى الجو من بعض الغاز ومنها ثانى أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين والميثان والأوزون فى الطبقة السفلى من الجو والمركبات الكلوروفلوركربونية.

غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الجو بنسبة ضئيلة مع غيره من الغازات ذات التأثير الصوبى ، تؤثر فى حرارة الجو بالكيفية التى يؤثر بها الزجاج على حرارة الجو داخل الصوب الزجاجية ، فهذه الغازات تسمح للأشعة المرئية والأشعة فوق البنفسجية بالمرور من الفضاء الخارجى إلى جو الأرض مسببة فى إرتفاع حرارة الجو وسخونة سطح الأرض ، مما يتسبب فى وجود إشعاعات حرارية تحت حمراء تحجزها غازات ثانى أكسيد الكربون والغازات الأخرى من الإرتداد إلى الفضاء الخارجى ، فينتج عن ذلك زيادة تدريجية فى حرارة الجو.

---

* يطلق بعض الكتاب على التأثير الصوبى إصطلاحات أخرى منها التسخين الشامل والإحتباس الحرارى والإحترار العالمى.

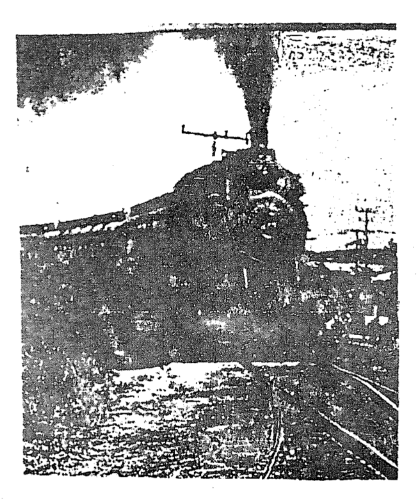
ثانى أكسيد الكربون هو نـاتج طبيعى لتنفس معظـم أحيـاء الأرض .... نباتيـة كانت أم حيوانية ... برية كانت أم مائية ، فهو ناتج هدمى للتحول الغذائـى بالكائنـات الحية. أى أن تنفس الكائنات الحية تتسبب فى زيادة مستمرة لهذا الغـاز ، نتيجـة لما نقوم به من تحليل للأغذية العضويـة التـى تتناولـها أو نكونـها للحصـول علـى طاقـة تمكننا من القيام بكافة نشاطاتها. إلا أن النباتات تقوم فى نفس الوقت بعملية عكسـية تتسبب فى إسـتهلاك الزيـادة الناتجـة مـن غـاز ثـانى أكسـيد الكربـون بفعـل التحـول الغذائى الـهدمى لمختلف الأحيـاء ، تعرف بعمليـة التمثيـل الغذائـى الضوئـى حيث تحتاج إلى الضوء لإتمامها ، كما تعرف بعمليـة التمثيـل الكلوروفيللـى حيث تحتـاج أيضاً إلى مادة الكلوروفيل الخضـراء ، والمميزة للنباتـات ، لإتمامـها ، وهـى عمليـة تحول غذائى نباتى ، وفيها يقوم النبات بتكوين مواد عضوية بسيطة من غـاز ثـانى أكسيد الكربون والماء ، حيث تتكون المادة العضوية الأولـى مـن عنـاصر الكربـون والإيدروجين والأكسوجين

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيـل}]{\text{ضـــوء}} CH_2O + O_2$$

يوجد غاز ثانى أكسيد الكربون طبيعياً فى الجو ، قبل حدوث التلوث البيئى الناتج عن حرق الوقود الحفرى بمعدل 028.% ، وهو بهذه النسبة يلعـب دوراً ضئيـلاً فى التأثير على حرارة الجو ، ولكن منـذ مـا يزيـد عـن مائـة عـام ، أى مـع قيـام الثـورة الصناعية ، والتـى بـدأت فـى إنجلترا مستخدمة الفحم للتدفئـة ولتسـيير المحركـات البخارية بدأت معدلات هذا الغاز بالجو فى الزيادة تدريجياً ، مع عدم قـدرة النباتـات خلال عمليات التمثيل الضوئى فى سحب كل تلك الزيادة ، ممـا تسـبب عنـه تصـاعد مستمر فى نسبة الغاز بالجو ، وتقدر الزيـادة الحاليـة لـهذا الغــاز بحوالـى 02. إلـى 04. % سنويا. وهناك إعتقاد بأن حوالى نصف كميات الغاز الزائدة سـنويا تمتـص بواسطة النبات وفى مياه المحيطات. ففى إحدى الدراسات قدرت كميـات غـاز ثـانى أكسيد الكربون التى إمتصتها مياه المحيطات خلال الفترة من عـام 1958 حتـى عـام 1980 ، فوجد أنها تعادل 26-34 % من الكربون الحفـرى الـذى أحـرق خـلال نفس

الفترة. الزيادة المستمرة فى معدلات ثانى أكسيد الكربون بالجو تتسبب فى زيادة التأثير الصوبى على جو الأرض، أى فى زيادة إرتفاع حرارة الجو.

ويتسبب الإرتفاع فى درجة حرارة الجو فى الإقلال من قدرة مياه المحيطات والبحار على إذابة غاز ثانى أكسيد الكربون وبالتالى فإن ذلك سوف يؤدى إلى إنطلاق جزء من مخزون هذا الغاز بالمياه إلى الهواء الجوى ثانية ، خاصة عند وصول نسبة الغاز فى الماء إلى درجة التشبع أو قريبا منها ، وهذا سيكون سببا فى حدوث زيادة تالية من غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو وإرتفاع آخر فى حرارة جو الأرض .



شكل 32 : وسائل النقل تبث عوادمها فى الجو

نتجت معظم الزيادة فى معدلات ثانى أكسيد الكربون بالجو إلى حرق الوقود الحفرى من فحم وبترول وغازات طبيعية للحصول على طاقات لتشغيل المصانع ومحطات توليد الكهرباء ورفع المياه وتسيير المركبات ، ولا ننسى فى هذا المجال ما تفعله حوالى ثمانمائة مليون سيارة تجرى على سطح الأرض فى طرقات ممهدة وغير ممهدة بخلاف الطائرات والقطارات (شكل 32)

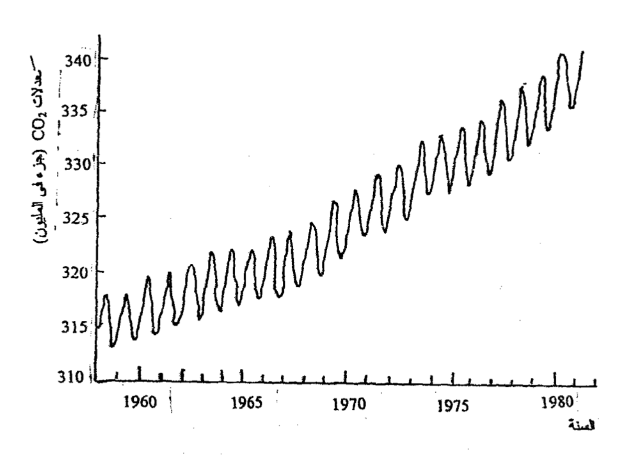
حرق الوقود الحفرى ليس هو العامل الوحيد فى إرتفاع معدل غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو ، فهناك عوامل أخرى ساهمت فى إزدياد هذا المعدل ، نذكر من ذلك الرعى الجائر الذى أدى إلى زحف الصحراء فى كثير من الدول الإفريقية والعربية، وكذلك التوسع الكبير فى المدن والقرى نتيجة للإنفجار السكانى وما يتبع ذلك من التوسع فى شبكات الطرق ويتم ذلك غالبا على حساب ما يقتطع من أراضى زراعية وغابات طبيعية. كما أن كثيرا من أراضى الغابات تحولت إلى أراضى زراعية. ينتج عن كل ذلك الإقلال من المجموع الخضرى الكلى للنباتات المنزرعة والمنتشرة طبيعيا على وجه الأرض ، والتى تعمل على سحب جزء كبير من غاز ثانى أكسيد الكربون المتصاعد إلى الجو بفعل التنفس وحرق الوقود. وفى تقدير لهيئة الأمم أن ما يزيد عن ستة ملايين هكتار من المراعى تتحول إلى أراضى صحراوية سنويا ، وأن ما يزيد عن أحد عشر مليون هكتار تدمر من الغابات سنويا ، بخلاف ما يسببه زحف المدن وإنشاء الطرقات فى إنتزاع الكثير من الأراضى الزراعية. تدمير الغابات يزيد من معدلات غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو بوسيلتين ؛ الأولى أن الغابات تمتص كميات من هذا الغاز تزيد كثيرا مما تمتصه المراعى والنباتات الحقلية من نفس مساحة الأرض ، فأشجار الغابات تثبت حوالى 1-2 كيلوجرام كربون لكل متر مربع سنويا مقابل أقل من 0.5 كيلوجرام/ م^2 للمحاصيل الحقلية ، والثانية أن خشب أشجار الغابات المقلعة غالبا ما يحرق أو يتحلل بفعل الأحياء الدقيقة وبالتالى فإنه يساهم فى زيادة ثانى أكسيد الكربون بالجو. ويقال إن للأرض رئتين يساهمان فى تخليص الهواء الجوى من الزيادة فى ثانى أكسيد الكربون هما النباتات وبخاصة الغابات والمحيطات ذات الطاقة العالية على إمتصاص الغاز ، وكلتا الرئتين معرضتين للتلف مما يؤثر على تنفس الأرض.

جدول 5 : أكبر عشرة دول بثا لغاز ثانى أكسيد الكربون الناتج
عن حرق الوقود الحفرى سنة 1994

الدولة	مقدار الغاز (مليون طن)	نصيب الفرد (طن)
الولايات المتحدة الأمريكية	1371	5.3
الصين	835	0.7
روسيا	455	3.1
اليابان	299	2.4
ألمانيا	234	2.9
الهند	222	0.2
المملكة المتحدة	153	2.6
أوكرانيا	125	2.4
كندا	116	4.0
إيطاليا	104	1.8

تقدر الزيادة السنوية فى غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو بحوالى 0.6 جزء فى المليون بمعنى أنه خلال مائة عام سوف تزداد نسبة الغاز بالجو حوالى 60 جزء فى المليون. من ذلك نرى أن تركيز ثانى أكسيد الكربون كان قبل الثورة الصناعية سنة 1760 ، 280 جزء فى المليون (‎%.028) وأصبح سنة 1980 ، 350 جزء فى المليون (‎%.035) ، ومن المتوقع أن يصل إلى حوالى 400 جزء فى المليون سنة 2000 . ومن حيث الكم فقد وجد أن كميات هذا الغاز التى تنفث فى الجو قد زادت من حوالى ستة آلاف بليون طن سنة 1950 إلى حوالى ثمانية عشر ألف بليونا من الأطنان سنة 1980، أى أنها قد تضاعفت ثلاثة مرات خلال ثلاثين عاما على مستوى الكرة الأرضية. مستويات تصاعد هذا الغاز ليست واحدة فى مختلف مناطق العالم ، فبينما تضاعف الناتج من غاز ثانى أكسيد الكربون خلال تلك الفترة فى أمريكا الشمالية ، نجد أنه قد صار سبعة أمثاله فى كثير من الدول النامية خلال نفس الفترة ومع ذلك فإن الدول الراقية تعتبر مسئولية على أقصى بث للغاز على

مستوى العالم ، خاصة إذا تم حساب ذلك على أساس نصيب الفرد فى ذلك ، هذا ومن الملاحظ أن معدلات غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو ليست ثابتة على مدار العام ، حيث تصل إلى أقصى إرتفاع لها عقب فصل الشتاء ، أى حوالى شهر أبريل فى نصف الكرة الشمالى ، كما تصل إلى أدنى إنخفاض لها فى نهاية فصل الصيف، أى فى سبتمبر وأكتوبر ، ويرجع ذلك إلى تأثير الغطاء النباتى الأخضر فى سحب هذا الغاز من الجو حيث يزداد النشاط الفسيولوجى للنباتات خلال أشهر الربيع والصيف ويقل خلال الخريف والشتاء (شكل 33).



شكل 33 : قياسات لمعدلات غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو فى هاواى
فى الفترة من 1958 حتى 1981 تبين الإرتفاع المستمر فى معدلات الغاز وتذبذباته السنوية

تصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون عند إحتراق الوقود الحفرى سوف يكون أحد وأهم الأسباب المؤدية إلى إرتفاع حرارة جو الأرض. ما مدى الإرتفاع المتوقع ؟ وما الأضرار التى نخشاها نتيجة ذلك الإرتفاع المتوقع ؟

للإجابة على ذلك نقول أن هناك رأيان ، رأى متشائم وآخر متفائل. ولنبدأ بالمتشائم وننتهى بالمتفائل ، عسى أن تكون النظرة الختامية تفاؤلية ، خاصة أن عوامل البيئة المؤثرة على حرارة الجو وبرودته عوامل متعددة وليست عاملا واحدا، هو غاز ثانى أكسيد الكربون وبعض الغازات الأخرى ، وأن الأراء المتفائلة تعتمد كثيرا على عوامل البيئة مجتمعة.

يرى المتشائمون أن الزيادة المتوقعة فى درجة حرارة الجو ستصل إلى حوالى ستة درجات مئوية بنهاية القرن الحادى والعشرين ، أى أن متوسط حرارة الكرة الأرضية سيرتفع من 15 °م لتصل إلى 21 °م . هذه الحرارة سوف تزداد عند القطبين وتقل عند خط الإستواء . لماذا تحدث أكبر زيادة حرارية عند القطبين ؟ تعليل ذلك أن بخار الماء الموجود فى الهواء الجوى يمتص طبيعيا كميات كبيرة من الأشعة الحرارية ، أى من الأشعة تحت الحمراء ، وبالتالى فإن الأماكن التى تزداد فيها معدلات الرطوبة الجوية تقل فيها معدلات الزيادة الحرارية ، وحيث أنه عند قطبى الأرض حيث البرودة شديدة يكون الجو صافيا جافا ، وبالتالى يكون أكثر عرضة للإرتفاع الحرارى بالتأثير الصوبى. كذلك فإن سيلان بعض الجليد نتيجة للإرتفاع الحرارى سوف يتسبب فى حدوث زيادة جديدة فى الإرتفاع الحرارى للقطبين ، ذلك أن الجليد كان عاكسا لكثير من الأشعة الشمسية ، أما الماء المسال عن الجليد فقد أصبح ممتصا لتلك الأشعة.

غاز ثانى أكسيد الكربون ليس الغاز الوحيد المسبب للتأثير الصوبى ، لكنه المؤثر الأكبر فى حدوث التسخين ، فالزيادة فى هذا الغاز تتسبب فى 50 % من التأثير الصوبى. باقى التأثير الصوبى ينتج عن تصاعد غازات أخرى متعددة ، فى مقدمتها غاز الميثان ومركبات الكلوروفلوروكربون وأكاسيد النيتروجين. رغم أن الميثان والأكاسيد النتروجينية توجد فى الجو بكميات تقل كثيرا عن غاز ثانى أكسيد الكربون ، إلا أنها ذات قدرة على حجز الأشعة الحرارية بدرجة تفوق قدرة ثانى أكسيد الكربون ، فقدرة الميثان فى ذلك تعادل 25 مرة قدرة ثانى أكسيد الكربون وقدرة الأكاسيد النتروجينية تعادلها 259 مرة. يساهم غاز الميثان بحوالى 18% من التأثير الصوبى ، وينتج طبيعيا من البراكين ويخرج ضمن غازات البترول وعند تخمر المواد العضوية وضمن الغازات المنطلقة من معظم الكائنات الحيوانية عند تحلل مخلفات هضم المواد العضوية لا هوائيا فى جهازها الهضمى . وفى أحد الدراسات قدر أن ما يزيد عن 50 % من الميثان المنطلق فى الجو ينتج عن التحلل البكتيرى اللا هوائى للنباتات كما يحدث هذا التحلل فى أمعاء الحيوانات المجترة وفى الجهاز الهضمى لحشرات النمل الأبيض.

تساهم غازات أكاسيد النتروجين فى حوالى 6 % من التأثير الصوبى وتنتج تلك الغازات طبيعيا فى الجو عند حدوث عواصف برقية حيث يتحد نتروجين وأكسوجين الجو معا ، كما تبث هذه الغازات عند حرق الوقود وينتج عن بعض الأسمدة كاليوريا والنترات ، وتقدر الكمية المنطلقة منها فى الجو بحوالى 5 مليون طن سنويا. كما تساهم أكاسيد النتروجين فى رفع حرارة الجو فهى أيضا من العوامل المدمرة لمنطقة الأوزون.

مركبات الكلوروفلوروكربون تعتبر من أقوى المركبات تأثيرا فى منع الفقد الحرارى من الأرض ، فقدرتها على ذلك تزيد عن قدرة غاز ثانى أكسيد الكربون بحوالى عشرين ألف مرة ، إلا أنه نظرا لوجودها فى الجو بكميات ضئيلة جدا

مقارنة بغاز ثانى أكسيد الكربون الذى تزيد كمياته بالجو حوالى 35 ألف مرة قدر الكلوروفلوروكربون بالجو ، لهذا فإنه يساهم بحوالى 14% فى التأثير الصوبى للجو. لم تكن المركبات الكلوروفلوروكربون موجودة فى جو الأرض منذ 150 سنة، ولكنها إزدادت بسرعة بعد إكتشافها ، ويرجع ذلك إلى دخولها فى عديد من الصناعات.

بعض الغازات الأخرى تساهم بالنسبة الباقية والتى تقدر بحوالى 12% من التأثير الصوبى ، من هذه الغازات الأوزون الموجودة فى الطبقات السفلى من جو الأرض ويتكون عادة قريبا من محطات توليد الكهرباء . كذلك فإن بخار الماء فى الجو يساهم فى تقليل الفقد الحرارى من سطح الأرض.

معظم الغازات المتصاعدة فى الجو والمتسببة فى التأثير الصوبى لا تبقى طويلا فى جو الأرض إذ أنها سرعان ما تتحلل أو تتفاعل إلى مركبات أخرى ، أضعف أثرا ، إلا أن البعض مثل مركبات الكلوروفلوروكربون تبقى فى الجو لعدة مئات من السنين مساهمة أثناءها فى التأثير الصوبى للجو كما تؤثر أيضا فى إتساع ثقب الأوزون.

يعتقد المتشائمون أن غاز ثانى أكسيد الكربون ، المؤثر الرئيسى فى التأثير الصوبى ، سوف يزداد عن التركيز الحالى والمقدر بحوالى 370 جزء من المليون وسوف يصل إلى 560 جزء من المليون فى النصف الثانى من القرن الحادى والعشرين ، مما ينتج معه إسالة كميات كبيرة من جليد القطبين ، وخاصة جليد القطب الجنوبى ، مما سيؤدى إلى زيادة مياه البحار والمحيطات ليزيد عن مستوى الماء الحالى بحوالى 25 إلى 140 سنتيمتر. وفى تقدير لبعض العلماء أن مستوى سطح البحر يرتفع بمعدل حوالى سنتيمتر واحد كل أربعة سنوات. إن الزيادة المتوقعة سوف تتسبب فى غرق كثير من السواحل والأراضى المنخفضة ، وكلما

زاد إرتفاع الماء زادت الأراضى الغارقة. القطب الجنوبى قائم فوق اليابسة التى تكون القطب الجنوبى (شكل 36) وتعلوه أكبر كمية من الجليد العالمى، فى حين أن القطب الشمالى عبارة عن محيط مائى ومعظمه جليد فى الماء ، لهذا فإن إنصهار جليد القطب الشمالى المغمور بنسبة كبيرة فى الماء سيكون تأثيره ضعيف على إرتفاع منسوب مياه المحيطات والبحار فى حين أن إنصهار جليد القطب الجنوبى الذى يعلو اليابسة سوف يكون تأثيره واضحا.

إضافة إلى أضرار التأثير الصوبى على إرتفاع مستوى ماء البحار والمحيطات وغرق بعض الأراضى الساحلية ، فإن البعض يرى أن إرتفاع الحرارة بمقدار ثلاثة درجات مئوية عن الوضع الحالى والمتوقع حدوثه سنة 2100 ستزيد من الطاقة الممرضة لحشرة البعوض فى المناطق الحارة بمقدار الضعف ، وفى المناطق المعتدلة بمقدار عشرة أضعاف ، أى أن الظروف المواتية لإنتشار الملاريا ستزداد وسوف تنتشر فى حوالى 60 % من أراضى العالم مقارنه بإنتشارها حاليا فى حوالى 45 % من العالم. كذلك فإن التغييرات المتوقعة فى حرارة الجو وفى زيادة تساقط الأمطار ستزيد من إنتشار مرض البلهارسيا.

وقد أكد آل جور نائب الرئيس الأمريكى وهو من علماء البيئة فى حديث له خلال أغسطس سنة 1998 أن شهر يولية سنة 1998 كان أعلى شهور يولية حرارة خلال 120 سنة السابقة ، مما يؤكد ، فى نظره ، التأثير الصوبى.

الرأى الآخر ، وهو الرأى المتفائل ، يعتقد بأن المستوى الحالى لغاز ثانى أكسيد الكربون يجعل الجو غير منفذ للأشعة تحت الحمراء المرتدة من سطح الأرض ، بمعنى أن أية زيادة أخرى فى نسبة هذا الغاز بالجو لن يكون لها تأثير إضافى فى رفع حرارة الجو عن الوضع الحالى ، وإذا كانت هناك زيادة فى حرارة الجو فإنها لن تتعدى 1.5 °م خلال مائة سنة. حتى لو حدثت تلك الزيادة المحتملة بفعل التأثير

التأثير الصوبى لغاز ثانى أكسيد الكربون فإنها سوف تتسبب فى إرتفاع معدلات بخر الماء كما يحدث حاليا فى المناطق الإستوائية ، وذلك سيؤدى إلى كثرة تكوين السحب وزيادة كثافتها ، وهذا سوف ينتج عنه حجب لضوء الشمس عن الوصول إلى الأرض ، وبالتالى سيؤدى ذلك إلى إنخفاض درجات حرارة الأرض ثانية.

زيادة عما سبق فإن المتفائلين يرون أيضا أن الوقود الحفرى ، الذى تعزى إليه معظم أسباب التأثير الصوبى من غازات ثانى أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروجين وغيرها سوف تتناقص تدريجيا فى السنوات القادمة إذ أنه وقود غير متجدد ، وسيكون الغاز الطبيعى أولها نفاذا يليه البترول ثم الفحم وخلال تلك الفترة سيقل إستخدام الوقود الحفرى تدريجيا وسوف تحل محله أنواع من الطاقات الغير مؤثرة على التسخين الشامل للجو ، من ذلك الإستخدام المباشر لطاقة الشمس وحركة الرياح وخاصية المد والجزر وحرارة جوف الأرض وغاز الإيدروجين والطاقة النووية.

كذلك فإن المتفائلين يرون أننا نسير فى إتجاه حدوث برودة جوية طبيعية ، ذلك أن حرارة جو الأرض تتغير صعودا وهبوطا فى ثلاث دورات طبيعية تنتج عن حركة الأرض فى الفضاء ، محدثة أثناءها تغييرات فى الأشعة الشمسية الواصلة إلى الأرض وذلك على النحو التالى :

1 - يتغير محور دوران الأرض حول الشمس والذى يستغرق سنة كاملة ، من محور إهليليجى إلى محور دائرى تقريبا . تستغرق الدورة من أقصى مدار أهليلجى إلى مدار دائرى تقريبى ثم العودة إلى أقصى مدار إهليليجى حوالى مائة ألف سنة . وفى أقصى مدار إهليلجى يزداد الفروق بين الفصول أى تزداد البرودة شتاء وتزداد الحرارة صيفا . وفى المدار الدائرى تكاد تنتظم حرارة الجو طول العام ونحن فى وقتنا الحالى نتجه سنة بعد أخرى إلى زيادة فى المدار الإهليلجى ، أى أننا نتجه نحو عصر جليدى .

2 - يتغير ميل محور دوران الأرض حول نفسها ، والذى يستغرق 24 ساعة ، وتستغرق الدورة من أقصى إنحراف عن الوضع الرأسى (الممتد من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى) إلى أقل إنحراف عن الوضع الرأسى ثم ثانية إلى أقصى إنحراف حوالى 41 ألف سنة. الإنحراف القليل يقلل الفروق الحرارية بين فصول السنة والإنحراف الكبير يزيد من الفروق الحرارية بين الصيف والشتاء، وحاليا فإن الأرض تتجه نحو الإقلال من إنحرافها سنة بعد أخرى ، فقد حدث أقصى إنحراف لها منذ تسعة آلاف سنة.

3 - تذبذب الأرض فى محور دورانها حول الشمس بفعل جاذبية كل من القمر والشمس على منطقة إستواء الأرض ينتج عنه تبكير فى وقت تعامد الشمس على خط إستواء الأرض أو ما يعرف بتقدم الإعتدالين procession of equinoxes سنة بعد أخرى. ففى الوقت الحالى تكون الأرض أقرب ما يمكن للشمس خلال شهر يناير وبعد حوالى عشرة آلاف سنة سوف تكون أقرب ما يمكن خلال شهر يولية ، وتستغرق الدورة الكاملة للشمس لتعود أقرب ما يمكن مرة أخرى فى شهر يناير حوالى 23 ألف سنة. زيادة بعد الأرض عن الشمس خلال الصيف يعنى جو أبرد.

تعمل تلك الدورات الثلاثة على إحداث تغييرات فى كميات الحرارة الواصلة من الشمس إلى مختلف أجزاء الأرض فى أوقات السنة المختلفة ، لكن مجمل كمية الحرارة الواصلة لكل الأرض خلال العام لا تتغير. خلال المليون سنة الماضية تعرضت الأرض إلى عشرة عصور جليدية رئيسية وأربعون عصرا جليديا ثانويا. يستمر العصر الجليدى الرئيسى حوالى عشرة آلاف سنة يتبعها تسعين ألف سنة دفيئة ، ونحن حاليا فى نهاية فترة دفيئة وعلى أبواب عصر جليدى.

بتحليل العوامل السابقة مجتمعة يتضح ، فى رأى المتفائلين أننا فى إتجاه عصر جليدى فى نصف الكرة الشمالى ، وهو النصف الذى تقع فيه معظم القارات ، خلال عشرة إلى عشرين ألف سنة ، أى أن هناك إتجاه لحدوث إنخفاض حرارى تدريجى، مما سيقلل أو يلغى فعل التأثير الصوبى المتوقع .

كذلك فقد لوحظ وجود دورات مناخية أخرى قصيرة تحدث كل 180 سـنة ، وقد حدثت البرودة فى الجو فى أوائل القرن التاسع عشر ، وكـان مـن المتوقـع أن يكـون عقد الثمانينات فى القرن العشرين باردا ، ولكن حدثت البرودة فى عقد السبعينات ثم كان الجو فى الثمانينات دافئا ، ويعتقد أن هذا الإختـلال يرجـع إلـى غـازات التـأثير الصوبى. كذلك فإنه تحدث تغييرات شمسية يومية وشهرية تؤثر على جو الأرض، من ذلك حدوث دورات للبقع الشمسية كل 11 سنة . ففى المائة سنة الأخيرة إزداد النشاط الشمسى فى الفترة من 1880-1940 فـإرتفعت درجـات حـرارة الجـو ، ثم قـل النشاط الشمسى فى الفترة من 1940-1960 فإنخفضت الحرارة ، ومن السبعينات إلى الثمانينات نشطت البقع الشمسية فإرتفعت الحرارة.

مما سبق يتضح لنا تعدد العوامل المؤثرة علـى جـو الأرض ، ممـا يجعـل التنبـؤ صعبا للغاية ، لـهذا كـانت الآراء متضاربـة حـول مـدى التـأثير الصوبـى علـى جـو الأرض ، ونظرا لإحتمال صحة الرأى القائل بإرتفـاع متوقـع فـى درجـات الحـرارة يـؤدى إلـى إرتفـاع منسـوب ميـاه البحـار والمحيطـات وغـرق مسـاحات كبـيرة مـن الأراضى الساحلية ، فإن الـرأى العـالمى إتجـه للعمـل علـى تقليـل إنبعـاث الغـازات المؤثرة والإقلال من عمليات إزالة الغابات ، بـل يجـب الدعـوة إلـى زراعـة أشـجار الغابات والمحاصيل معا agro-foresting والتوسع فى زراعة أشـجار سـريعة النمـو فى قرى الدول النامية.

الأمطــــار الحامضيـــــة

الأمطار الحامضية هى أحد الآثار العامة الناتجة عن التلوث البيئى ، والتى تتسبب فى حدوثها حرق الوقود الحفرى على نطاق واسع للحصول على طاقات لازمة لتشغيل محطات توليد الكهرباء ومختلف الصناعات والتدفئة والتوسع فى إستخدام وسائل النقل الميكانيكية من دراجات بخارية وسيارات وقطارات وطائرات، وما ينبعث عن كل ذلك ، أثناء التشغيل من غازات ينتج عنها أحماض .

تقدر الحموضة بمقياس يعرف برقم pH وهو مقياس يبدأ من رقم 0 وينتهى برقم 14 ، ويعتبر الرقم 7 من هذا المقياس هو رقم التعادل. الأرقام التى تقل عن رقم 7 تمثل الحموضة ، وتزداد درجة الحموضة كلما قل الرقم . الأرقام التى تزيد عن 7 تمثل القلوية ، وكلما زاد الرقم زادت درجة القلوية. الماء المقطر درجة حموضته 7 ، أى أنه متعادل ، أما ماء المطر الطبيعى فـ يميل قليلا إلى الحموضة نظرا للوجود الطبيعى لبعض الغازات المكونة لأحماض بالجو مثل غازات ثانى أكسيد الكربون وأكاسيد نتروجين ، والأخيرة تنتج عن إتحاد غازى النتروجين والأكسوجين بالجو المكونين الرئيسين للهواء الجوى عند حدوث عواصف رعدية

$$N_2 + O_2 \longrightarrow 2\,NO$$

وتعتبر درجة pH 5.6 بالنسبة لمياه الأمطار حموضة طبيعية ، أما إذا قل رقم الحموضة عن ذلك كأن كان 4.6 ، كما يحدث فى متوسط الأمطار بشمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية فتعتبر هذه أمطارا حامضية.

تنتج الأمطار الحامضية عندما تتحول أكاسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين الموجودة بالجو والناتجة عن النشاط الصناعى للإنسان إلى أحماض مثل أحماض الكبريتوز والكبريتيك والنتروز والنتريك عندما تذوب فى بخار الماء ، وتسقط إلى الأرض فى صورة أمطار أو ثلوج أو تعلق فى الجو فى صورة ضباب أو فى

السحب. وعادة ما تهاجر تلك الغازات أو قطرات الأحماض ، بفعل الريـاح ، مئـات الكيلومترات قبل سقوطها للأرض. تتلف الأمطار الحامضية مياه البحيرات وتضر بالغابات والمبانى وتقلل مدى الرؤية ، كما تضر بأحياء الماء وبصحة الإنسان.

تظهر الأمطار الحامضية بوضوح فى المناطق الصناعية بنصف الكرة الشمالى فى دول أوربا وأمريكا ، وفى المناطق التى تقع فى إتجاه الريح القادمة من المنـاطق الصناعية . ففى أمريكا الشمالية لم يبق مـن ميـاه البحيرات الكبيرة الواقعة قرب سواحل الولايات المتحدة الأمريكية والبـالغ مسـاحاتها 8660 كيلومتر مربـع إلا أقل من 3 % فقط صالحة للشرب والإستحمام نتيجة لحموضة مياهها.

تتسبب سقوط الأمطار الحامضية على التربة الزراعية فى زيادة ذوبان كثير من أملاح التربة ، ومنها أملاح الألومنيـوم والكالسـيوم والمغنسيوم والمنجـنيز والحديـد والرصاص والنحاس والبورون والزئبق والزنك ، ثم إنتقال تلك الأملاح الذائبـة مـن التربـة إلى المياه الجوفية فالأنهار والبحيرات مما يؤدى إلى زيادة حموضتها وزيـادة معدل ما بها من أملاح ، والتى قد تكون زيادتها ضارة بصحة الإنسان إذا ما وصلته مع مياه الشرب كأملاح الرصاص والزئبق والبورون والزنك. كذلك فإن زيادة هذه الأملاح بالماء تؤثر تأثيراً ضاراً بأحياء الماء مـن بلانكتونـات * وأسـماك وغيرهـا. كذلك فإن إذابـة بعـض معـادن التربـة المغذيـة للنباتـات مثـل الكالسيوم والمغنسـيوم والمنـجنيز والتى قد تفقد فى المياه الجوفية ومياه الصرف الزراعى ، ممـا ينتـج عنـه إفتقار التربة فى تلك العناصر الضروريـة للنمـو الطبيعـى للنباتـات مـع زيادتـها فـى المياه. كذلك فإن الأمطـار الحامضيـة قد تحدث أضـراراً بالتربـة والأحيـاء النباتيـة والحيوانية بها نتيجة لإرتفاع معدلات العناصر الثقيلة الذائبة كالرصاص والكادميوم

* البلانكتونات plankton هى كائنات حية لا تتحرك حركـة ذاتيـة أو تتحرك حركـة ضعيفـة لا تمكنها من مقاومة التيارات المائية ، وتعرف أيضا بالعوالق المائية.

والزئبق والكروم والحديد والزرنيخ والنحاس والتى تتحول بفعل حموضة التربة من أملاح غير قابلة للذوبان فى الماء إلى أملاح تذوب فى الماء. وقد تصل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة بفعل حموضة التربة إلى ماء الشرب محدثة إرتفاع فى درجة عسر الماء.

تسبب حموضة الماء وإرتفاع محتواها من عناصر ثقيلة ذائبة أضرار صحية للأسماك والقشريات والمحارات وإرتفاع معدلات ما بها من معادن ثقيلة ضارة بالمتغذى على تلك الأحياء المائية. ونظرا لأن معظم الأحياء المائية قد تأقلمت للمعيشة على نطاق ضيق من درجات الحموضة (pH) ، لهذا فإن التغيير فى حموضة الماء كثيرا ما تكون قاتلة لأحياء الماء ، فعندما تقل درجة حموضة الماء عن 5.6 تموت أجنة سمك السلمون ، والفقس الذى ينتج عن بعضها يكون نموه غير طبيعى ، كما يتأثر نمو السمك البالغ فيكون أصغر حجما وتصبح رحلته فى الأنهار ضد التيار غير ميسرة ، وإذا عاش الرحلة فإن إنتاجه من البيض يقل عن المعدل. تؤثر أيضا حموضة الماء الزائدة على نمو الكائنات الدقيقة المائية من بكتيريا وبلانكتونات ، مما يؤثر بالتالى على نمو وتكاثر أحياء الماء التى تعتمد فى تغذيتها على البلانكتونات.

تظهر أثار الأمطار الحامضية على الجهاز التنفسى للإنسان ، فكثيرا ما يؤدى الضباب الحامضى إلى تكوين الضباب الدخانى المعروف بالضبخن smog ، الذى يحدث عند ظهور شبورة كثيفة فى المدن التى تستخدم الفحم فى التدفئة وفى المدن الصناعية والمزدحمة بحركة السيارات. وعموما فإن إحتراق الوقود سواء للتدفئة أو للإستخدام كطاقة تشغيل تساعد على ظهور الضبخن. وتؤدى كثافة الضبخن بالجو إلى صعوبة الرؤية نتيجة لكثافة جسيمات الملوثات بالجو ، كما تؤدى إلى تقليل مقاومة الجهاز التنفسى للأمراض ، فتكثر جسيمات الملوثات بالجو ، كما تؤدى إلى تقليل مقاومة الجهاز التنفسى للأمراض ، فتكثر حالات الربو والتهابات الشعب الهوائية. وقد تسبب ظهور الضبخن فى جو مدينة لندن سنة 1952 إلى وفاة

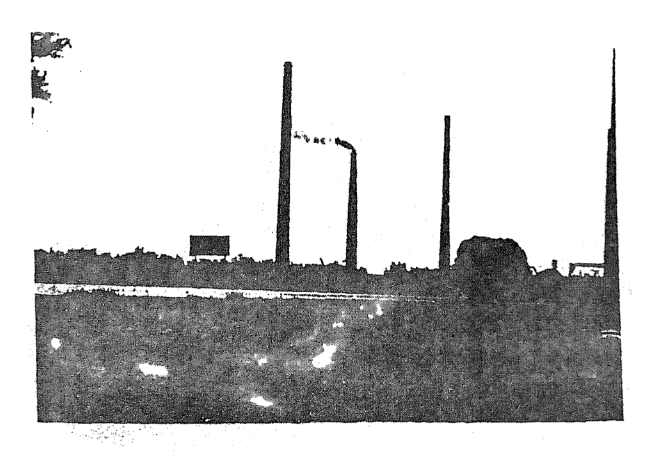
مـا يقرب مـن أربعـة آلاف شـخص لإصابتـهم بـأمراض تنفسية ، كمـا أدى ظـهور الضبخن فى أنقرة سنة 1989 إلى تعطيل الدراسة لمدة يومين.

تضر الأمطار الحامضية بالنباتات ضررا بالغا مقللة من نموها ومتسببة فـى جفاف وموت للأفرع والأوراق ، وعادة مـا يبدأ المـوت مـن الأطـراف die-back ، ويمتد الموت من الأطراف إلى أسفل الفروع والسيقان ، كما حدث فى أشجار الغابـة السوداء بفرنسا وغيرها من دول أوربا والولايات المتحدة الأمريكية وكندا ، حيث جردت كثير من الأشجار من أوراقها (شكل 34) . تضر الأمطار الحامضيـة بكثير من المحاصيل مثل الذرة والقمح والأرز مسببة إحتراقا لأوراقـها وإقـلالا فـى إنتاجيتها.



شكل 34 : تأثير الأمطار الحامضية على أشجار غابة فى المانيا

قدرت نسبة الأضرار الناتجة عن الأمطار الحامضية على اوراق أشجار الغابات بألمانيا فوجدت أنها حوالى 34 % سنة 1983 ، إزدادت بعد ذلك فصارت 50 % سنة 1985 ، فى حين أنه لم تكن هناك دلائل على وجود أية أضرار على الأشجار من أمطار حامضية سنة 1970. وقد بينت الدراسة الحديثة أن حوالى 2.5 مليون كيلومتر مربع (حوالى 600 مليون فدان) من غابات كندا الشرقية قد أضيرت بفعل الأمطار الحامضية. وهذا لا يمنع من أن بعض النباتات التى أصابتها الأمطار الحامضية قد تحسن نموها مثل أشجار الصنوبر الراتنجى pitch pine وأشجار البيسية الحمراء red spruce ، وقد يرجع ذلك إلى أن حمض النتريك الموجود فى المياه الحامضية قد أمد النباتات بإحتياجاتها النتروجينية.



شكل 35 : المداخن المرتفعة تعمل على تشتيت الملوثات

إقترح البعض للوقاية من أضرار تلوث المدن من المصانع القريبة منها ، زيادة إرتفاع المداخن التى تحمل عوادم الصناعة ، حتى تشتت تلك العوادم فى الإرتفاع الشاهق من الجو قبل سقوطها ووصولها إلى سطح الأرض (شكل 35). وقد نفذ ذلك الإقتراح فى عديد من الدول الصناعية ووصل إرتفاع بعض المداخن إلى حوالى 380 مترا ، أى ما يعادل إرتفاع ناطحة سحاب بها 138 طابقا. نجح ذلك فى تقليل تلوث المدن القريبة من تلك المصانع ، إلا أنه بفعل الرياح إنتقلت الملوثات أو بالأحرى تم تصديرها من أماكن تصاعدها إلى أماكن أخرى. فظهرت نتيجة لذلك أمطار حامضية فى كندا صدرت إليها من الولايات المتحدة الأمريكيه ، كما إستقبلت النرويج والسويد وفنلندة أمطارا حامضية وردت إليها من أماكن إنتاجها فى فرنسا وألمانيا وإنجلترا.

تؤثر الأمطار الحامضية تأثيرا ضارا على المبانى والتماثيل والهياكل والمركبات والمعادن والملابس وأثاثات المنازل. ومن المواد التى تضار بشدة بالأمطار الحامضية الحجر الجيرى والدهانات الجيرية والرخام والحديد المجلفن وغير المجلفن.

لهذا كان من الضرورى تركيب مرشحات لعوادم المصانع والمركبات قبل خروجها إلى الجو ، ليس ذلك لفصل الجسيمات العالقة فحسب ، ولكن لتعمل على فصل الغازات الضارة بالبيئة والمنطلقة مع العوادم عن طريق إذابتها فى مذيبات ملائمة أو إمتصاصها أو إدمصاصها * على سطوح صلبة. فمثلا إذا مرت العوادم على ماء فإنه يمكن التخلص من غازات كلوريد الإيدروجين (HCl) وكلوريد الفلور (HF) والأمونيا (NH_3) ، إذ أنها جميعا سهلة الذوبان فى الماء ، أما ثانى

* الإدمصاص adsorption هو جمع غازات أو قطرات سائلة على سطوح صلبة ، ويشترط فى المواد المستخدمة لذلك أن تكون مسامية ، ومن ذلك الكربون النشط وجل السليكا silicagel والزيوليت zeolite.

أكسيد الكبريت وكذلك الكلور فهما متوسطا الذوبان فى الماء ، لهذا فإن إستخدام الماء كمرشح لهما سيذيبهما جزئيا ويتطاير الباقى. قد يستخدم للفصل مواد تتفاعل مع الغاز المراد التخلص منه ، فيمكن فصل كبريتيد الإيدروجين (H_2S) بإستخدام محلول كربونات صوديوم (Na_2CO_3).

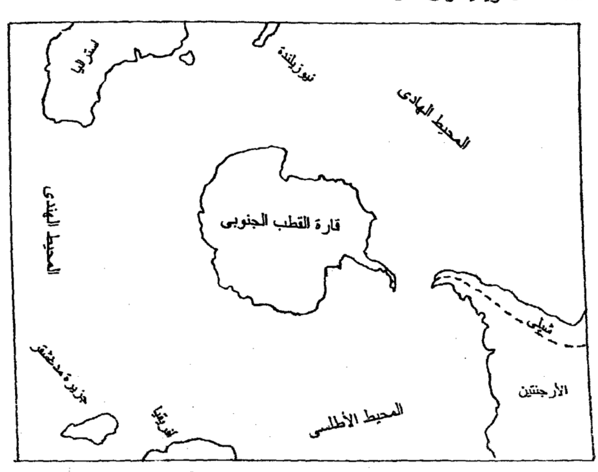
ويمكن إستخدام المحاليل القلوية لفصل أكاسيد النتروجين. وكذلك يمكن إستخدام لبن الجير المعروف بالجير المطفى ($Ca(OH)_2$) وأكسيد المغنسيوم (MgO) فى فصل الكلور. ويستخدم الكربون النشط لفصل ثانى أكسيد الكبريت ، كما يستخدم جل السيكا لإدمصاص أبخرة المواد العضوية.

ثقـــــب الأوزون

الغلاف الجوى للكرة الأرضية ، والذى يتكون من عدة طبقات ، ذو فـائدة كبـيرة فى حفظ حرارة الأرض ومياهها وحماية أحيائها من كثير من الأضرار التى قد تنشأ عن الفضـاء الخارجى ، ومنها الأضرار التى تنشأ عن الأشعة فوق البنفسجية والتـى تختـص بالحمايـة منـها جـزء مـن طبقـة الإستراتوسـفير ، والـذى يعـرف بمنطقـة الأوزون، وفيها يتكاثف وجود غاز الأوزون (O_3) ، والتى تقع على إرتفاع يـتراوح ما بين 15 إلى 40 كيلومـتراً فـوق سـطح البحـر. تختلـف كثافـة الأوزون فـى طبقـة الإستراتوسفير من موقــع إلـى آخـر. تقـاس كثافـة منطقـة الأوزون بمقيـاس يعـرف بمقياس دبسون dobson ، وفى ضوء هذا المقياس تقدر كثافة منطقـة الأوزون برقـم يتراوح ما بين 250 إلى 500 وحدة دبسون. يوجد الأوزون فى الغلاف الجوى بنسبة ضئيلة جدا قد لا تتجاوز الجزء فى المليون ، وهذا الجزء إذا ضغط فسيشـغل حيزا سمكه حوالى ثلاثة ملليمـترات لا غير ، ورغـم ضآلـة كميـة الأوزون إلا أن فائدتـه للأحياء كبيرة جدا ، ويرجع ذلـك إلـى أهميتـه فـى تحديد كميـة مـا يمـر خلالـها مـن إشعاعات فوق بنفسجية والتى تأتى مـع الأشـعة الشمسية ويسـمح لـها بـالمرور إلـى سطح الأرض.

إكتشف العالمان رولاند Rowland ومولينا Molina سـنة 1974 حـدوث تغيير فى التركيب الطبيعى لجزء من الغلاف الجوى للكرة الأرضية ، ذلك أن تركيز غـاز الكلـور قـد زادت معدلاتـه بـها ، وأرجعـا ذلـك إلـى التوسـع فـى إسـتخدام مركبـات الكلوروفلوروكربون ، والتى ينطلق منها غاز الكلور فى طبقات الجو ، وأن حـدوث ذلك سوف يكون سببا فى تآكل جزء من أوزون طبقة الإستراتوسفير. لـم يلـق تنبـؤ وإنذار رولاند ومولينا إهتمام العالم ، إلا عندما إتضحت حقيقة ذلك بعـد مـرور أحـد عشر عاما حيـث ظـهر بوضـوح ثقـب الأوزون بـالقطب الجنوبـى سـنة 1985. بـدأ التآكل فى منطقة الأوزون بالقطب الجنوبـى فـى الفـترة مـن 1977 حتـى 1979 ، ثـم

أخذت تتزايد عقب ذلك حتى أعلن عن وجود ثقب الأوزون بـالقطب الجنوبـي للكـرة الأرضية سنة 1985 ، وعلل ذلك بتأثير التلوث الجوى ، خاصـة من الغازات المطلقة للكلور ، بعد أن كان الإعتقاد السائد بأن تآكل الأوزون الحادث يرجع إلى ظهور بقع شمسية. ظـهر بعد ذلك الثقب الثانى للأوزون بالقطب الشمالى سنة 1987. لا يقصـد بوجود ثقب للأوزون أن منطقة الثقب خالية من الأوزون ، لكن المقصود هو وجـود إنخفاض واضح فى نسبة تركيز غاز الأوزون بمنطقـة الثقـب. وقـد وجـد أن كثافـة غاز الأوزون تصل إلى أدنى مستوياتها بالقطبين الجنوبى والشمالى فى فصل الربيع لكل منهما حيث تقل كثافة الأوزون عن 150 ديسون. قدرت مسـاحة ثقـب الأوزون بالقطب الجنوبى فى أكتوبـر سـنة 1987 فوجـد أنـها تعـادل تقريبـاً مسـاحة الولايـات المتحدة الأمريكية وأن أطراف الثقب إمتـدت لتغـطى نيوزيلندة وأستراليـا وجنوب



شكل 36 : القارة القطبية الجنوبية والمناطق المتأثرة من ثقب الأوزون ؛ جنوب نيوزيلندة وأستراليا والأرجنتين وشيلى

الأرجنتين وجنوب شيلى (شكل 36). وفيها قدر النقص فى الأوزون بحوالى 40 إلى 50 %.

يظهر ثقب الأوزون بوضوح فى القطب الجنوبى فى شهرى سبتمبر وأكتوبر ، أى مع بداية فصل الربيع فى نصف الكرة الجنوبى ، من كل عام ، حين تبدأ الشمس فى السطوح بعد ظلمة طويلة إستمرت ستة أشهر. يبدأ الفجر القطبى فى الوقت الذى أصبح فيه الجو فى تلك المنطقة أبرد من كافة مناطق الكرة الأرضية ، فيتكون فى جو القطب الجنوبى دوامة رياح شديدة تعزلها عن الهواء المحيط وتتكون بها سحب على إرتفاعات كبيرة جداً جاذبة وحاجزة جسيمات ثلجية مكونة من حمض نتريك وماء وغيرها من غازات مدمرة للأوزون. وعند بدء النهار القطبى والذى سوف يستمر ستة أشهر ، ينطلق الكلور من مركبات الكلوروفلوروكربون مع الأكاسيد النتروجينية وحمض النتريك وغيرها من الملوثات المحللة للأوزون. بعد فترة يبدأ الجو فى الدفء وتفقد دوامة الرياح القطبية تماسكها ويتدفق الهواء من مختلف أنحاء العالم إليها فيزداد الأوزون ثانية فى القطب ويلتئم الثقب ، وفى نفس الوقت يقل الأوزون قليلاً فى أنحاء العالم الأخرى. وبنهاية الليل القطبى فى الجنوب يبدأ الليل القطبى فى الشمال ، وتبدأ دوامة الرياح تكوينها بالقطب الشمالى ، إلا أنها تكون أقل تماسكاً بالنسبة لدوامة القطب الجنوبى ، فيبدأ تآكل الأوزون ويبدأ تكوين ثقب الأوزون فى القطب الشمالى والذى يكون أقل مساحة وأكثر كثافة للأوزون مقارنة بثقب القطب الجنوبى ، ويصل الثقب أقصاه ببزوغ الفجر القطبى الشمالى فى مارس وأبريل. وهكذا يتبادل الثقبان الجنوبى والشمالى تكوينهما.

يتكون غاز الأوزون فوق خط الإستواء ، فى طبقات الجو العليا من أكسوجين الهواء الجوى (O_2) بفعل الأشعة فوق البنفسجية التى تحلل بعض جزيئات الأكسوجين إلى ذرات تتحد ، بعضها مع جزيئات أكسوجين لتكوين جزيئات أوزون (O_3) تحملها الرياح ناحية قطبى الكرة الأرضية.

$$O_2 \xrightarrow{\text{أشعة فوق بنفسجية}} O + O$$

$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$

يعمل هذا التفاعل على زيادة كثافة الأوزون بمنطقة الأوزون في طبقة الإستراتوسفير ، ويعمل الأوزون على منع وصول قدر كبير من الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض. وفي الشتاء القطبي الطويل ينعدم تكوين أوزون جديد بالقطب المظلم لعدم وجود أشعة فوق بنفسجية ، كما تمنع دوامة الرياح القطبية وصول أوزون إليها من خارج المنطقة القطبية ، ويحدث تحلل لجزء من أوزون المنطقة القطبية المظلمة فيظهر ثقب الأوزون.

تنبه العلماء إلى خطورة ظاهرة تآكل الأوزون ، لهذا تم توقيع بروتوكول مونتريال عام 1987 ، وبمقتضاه تقرر الإقلال من إنتاج المركبات المدمرة لغاز الأوزون في طبقات الجو العليا ، وفي مقدمتها مركبات الكلوروفلوروكربون وغيرها من المركبات الهالوجينية ، ومنها رابع كلوريد الكربون المستخدم في عمليات إطفاء الحريق ، وميثايل الكلوروفورم المستخدم كمذيب عضوي. يرجع التأثير الواضح لتلك المركبات إلى أنه يتحرر عنها ذرات كلور نشطة ي طبقة الإستراتوسفير بفعل تصادمها مع الأشعة فوق البنفسجية . تحلل ذرات الكلور المنطلقة جزيئات الأوزون إلى أكسوجين ويتأكسد الكلور(Cl) إلى أحادي أكسيد الكلور (ClO) ، الذي يتفاعل مع ذرات الأكسوجين لينطلق الكلور ثانية ، بعدها تبدأ دورة ثانية في إتلاف الأوزون .

$CFCl_3 \longrightarrow CFCl_2 + Cl$ (أحد مركبات كلوروفلوروكربون يحتوي جزيئة على ثلاث ذرات كلور)

$Cl + O_3 \longrightarrow ClO + O_2$

$ClO + O \longrightarrow Cl + O_2$

كما يحدث تدمير للأوزون من أكاسيد النتروجين التي تنتج عن إحتراق الوقود وكذلك من عوادم الطائرات النفاثة والأسرع من الصوت والتي قد تصل في إرتفاعها إلى منطقة الأوزون.

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

ومن العوامل الأخرى المساعدة على تلف الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير التفجيرات النووية وإطلاق الصواريخ والتى تخترق طبقتى التروبوسفير والإستراتوسفير. وفى إحدى الدراسات ذكر أن إطلاق مكوك فضاء يتسبب عنه تدمير مليون طن من غاز الأوزون. ومن الغازات الأخرى الضارة بالأوزون غازى الميثان وثانى أكسيد الكربون .

فى مؤتمر دولى عقد بلندن عام 1989 وافقت الدولة المشتركة فى المؤتمر وعددها 123 دولة على التخلص التدريجى من إنتاج مركبات الكلوروفلوروكربون على أن يتم تحريمها نهائيا سنة 2000. ومع هذا الخطر فإن الأثر الضار لهذه المركبات على الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير سوف يستمر لمدة قرن من الزمان حتى بعد تمام توقف إنتاجها ؛ وذلك لشدة ثبات هذه المركبات ، ولأن تصاعد هذه المركبات من سطح الأرض وحتى وصولها منطقة الأوزون سوف يستغرق ذلك الوقت.

إن لوجود الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير من الغلاف الجوى بكثافته الطبيعية أهمية كبيرة فى حماية الأرض وما عليها من أحياء من الأشعة فوق البنفسجية ، وهى الأشعة التى تتراوح أطوال موجاتها من 200 إلى 400 نانومتر * ، وتعتبر الأشعة من 200 إلى 320 نانومتر مدمرة للخلايا الحيوانية والنباتية. وقد وجد أنه فى مقابل كل نقص فى كمية أوزون الإستراتوسفير مقداره 1 % تحدث زيادة فى كمية الأشعة فوق البنفسجية المتدفقة إلى الأرض تعادل 2 %. وبدون منطقة الأوزون تتلاشى الحياة الحيوانية البرية المعرضة لضوء الشمس المباشر ، ولكن تستمر حياة

* نانومتر nanometer مقياس طولى يعادل جزء على بليون من المتر = 10^{-9} متر.
وهو ليس أصغر مقياس ، فأصغر منه الأنجستروم angstrom والفمتومتر femtometer ،
فالنانومتر = 10 أنجستروم = مليون فمتومتر.

الكائنات الأرضية غير المعرضة للضوء القادم من الشمس وكذلك حياة البحار ، ولو أن كلتا الحياتين الأرضية والمائية سوف تتأثر نتيجة للأضرار التى ستحدث للنباتات البرية والبلانكتونات النباتية التى تعيش بالبحار ، ويعتقد بأنه قد حدث ضرر كبير لمنطقة الأوزون منذ حوالى 65 مليون سنة ، أدى إلى هلاك الديناصورات التى سادت آنذاك ، وقد أرجع ذلك إلى أن مغناطيسية الأرض تنعكس أقطابها على فترات طويلة ، ويتخلل فترة الإنتقال هذه التى تستغرق بضعة آلاف من السنين إنعدام المجال المغناطيسى الذى يحمى الأرض من الرياح الشمسية ، وأن دخول الرياح الشمسية إلى جو الأرض يشجع على تكوين أكسيد النيتريك (NO) الذى يختزل الأوزون محولا إياه إلى أكسوجين ويتحول هو إلى ثانى أكسيد النتروجين (NO_2) الذى يختزل ثانية جزئ أوزون آخر.

$$N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{رياح شمسية}} 2NO$$
$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$
$$NO_2 + O_3 \longrightarrow NO + 2O_2$$

تتسبب الأشعة فوق البنفسجية فى حدوث التهابات جلدية وطفح جلدى وتكون فقاعات مائية وحدوث شيخوخة للجلد ، وقد تتسبب فى تكوين أورام سرطانية جلدية. كما تحدث هذه الأشعة إصابات بالعيون تتمثل فى إعتام عدسة العين والتى تعرف بالمياه البيضاء أو الكتاراكت cataract . وقد لوحظ فى السنوات الأخيرة زيادة الإصابات بهذه الأمراض فى نيوزيلندة واستراليا وجنوب الأرجنتين وجنوب شيلى وجنوب أفريقيا ، وهى المناطق السكانية القريبة من القطب الجنوبى . ومن الأمراض الأخرى التى ينتج عن التعرض للأشعة فوق البنفسجية ضعف الجهاز المناعى ، وهذا يتسبب فى إستفحال شدة الأمراض المعدية ، كما يتسبب فى الشيخوخة المبكرة. كما ثبت حدوث أضرار نتيجة لثقب الأوزون وتدفق الأشعة فوق البنفسجية ، بعيون الماشية محدثة إلتهاب الملتحمة.

بالنسبة للأحياء البحرية فإن تآكل الأوزون أحدث أضرارا بالغة بأحياء البلانكتون مما قلل من أحياء البحار الأخرى.

تحدث الأشعة فوق البنفسجية أضرارا بالنباتات البرية وخاصة للبعض منها الحساس لتلك الأشعة ، مثل الفول وفول الصويا والبسلة والبطيخ والقطن والكرنب.

توجد علاقة قوية بين تكوين ثقب الأوزون والتأثير الصوبى على جو الأرض ، ذلك أن التأثير الصوبى يؤدى إلى زيادة تبخير الماء وبالتالى إلى إرتفاع معدلات بخار الماء فى الجو ، وهذا يساعد على زيادة إحتباس الأشعة تحت الحمراء فى الجزء السفلى من الغلاف الجوى وينتج عن ذلك زيادة برودة طبقة الإستراتوسفير حيث يتكاثف تواجد الأوزون. كذلك فإن الإحتباس الحرارى سيتبعه إرتفاع فى غازات الميثان المنطلقة فى الجو ، كما سيؤدى إلى الإقلال من قدرة المحيطات على إمتصاص غاز ثانى أكسيد الكربون فتزداد بالتالى معدلاته بالجو. وهذان الغازان ، الميثان وثانى أكسيد الكربون هما من الغازات الضارة بالأوزون.

كذلك فإن زيادة للأشعة فوق البنفسجية الواردة إلى الأرض نتيجة لإتساع ثقب الأوزون لا تستطيع تحملها أنواع كثيرة من النباتات ، فتقل قدرتها على القيام بعملية التمثيل الضوئى مقارنة بالمعدلات [illegible] وسوف يؤدى ذلك إلى إرتفاع مستوى غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو فيزداد بذلك التأثير الصوبى .

نخرج من ذلك إلى أن ثقب الأوزون سيزيد من التأثير الصوبى ، وأن التأثير الصوبى سيزيد من ثقب الأوزون.

الإشعاعات والتلوث الإشعاعى

يحتوى الفضاء الخارجى على عديد من الإشعاعات المؤينة ، والتى تنبعث من الشمس ومن مصادر أخرى فضائية، وتعرف مجتمعة بالأشعة الكونيةcosmic rays. وإلى طبقات الغلاف الجوى يرجع الفضل الكبير فى حماية الأرض وأحيائها المختلفة من تلك الإشعاعات الفضائية القاتلة . وطبيعيا يتعرض الإنسان لجرعات خفيفة من أشعة مؤينة تنتج عن غاز الرادون الواسع الإنتشار فى كثير من الصخور ومواد البناء. كذلك فإن الإنسان يتعرض لأشعة غير مؤينة طبيعيا تصله مع ضوء الشمس وتشمل الأشعة المرئية بأطيافها المختلفة وبعض الأشعة غير المرئية كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء.

تحتوى الصخور الطبيعية على بعض العناصر المشعة ، ومنها عنصر اليورانيوم uranium (Ur 92/238) الذى تصدر عنه إشعاعات مؤينة قادرة على إختراق المادة ، بطريقة مشابهة لما تفعله أشعة إكس (X) المستخدمة فى الكشف عن بعض أجزاء الجسم الداخلية ، وتعرف تلك الأشعة بأشعة جاما gamma rays. تختلف أشعة جاما عن أشعة X ، فى أن أشعة جاما تنشأ من نواة ذرات عناصر مشعة خلال إنحلالها ، فى حين أن أشعة X ، وهى أشعة ذات موجات قصيرة جدا تتراوح ما بين 0.05 أنجستروم * و 100 أنجستروم ، تتولد فى أجهزة ذات فولتية عالية ، وتتفق أشعة جاما مع أشعة X فى أن كليهما من الأشعة الكهرومغناطيسية ولهما القدرة العالية على إختراق الأجسام .

ينبعث من اليورانيوم أثناء إنحلاله بجانب أشعة جاما نوعان آخران من الإشعاعات هما أشعة ألفا alpha rays وأشعة بيتا beta rays وهما من الأشعة المؤينة؛ حيث يتكونا من جسيمات ؛ جسيمات ألفا موجبة الشحنة وتنبعث من نوى ذرات عنصر اليورانيوم ، فى حين أن جسيمات بيتا سالبة الشحنة وهى عبارة عن

---

* الأنجستروم angstrom = 10^{-10} متر.

الكترونات electrons أو بوسيترونات positrons وتنبعث من المخلفات الإنحلالية لعنصر اليورانيوم . جسم ألفا له ضعف شحنة جسيم بيتا ، لهذا فإن تأثير تصادم جسيم ألفا يعادل أربعة أضعاف تأثير تصادم جسيم بيتا ، ذلك أن الفاعلية فى هذه الحالة تعتمد على مربع الشحنة. يعتبر جسيم ألفا نواة ذرة هليوم helium ، حيث يتكون الجسيم من بروتونين protons ونيوترونين neutrons ، فإذا صادف جسيم ألفا فى الطبيعة الكترونات electrons تكونت ذرة هليوم.

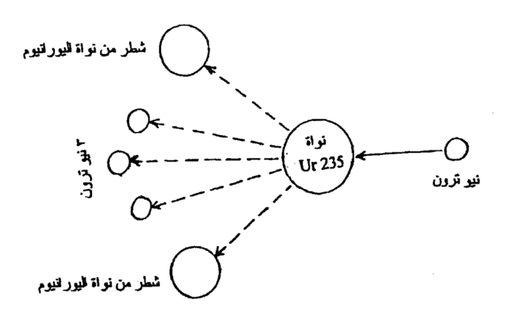
تسبب جسيمات ألفا وبيتا أضرارا جسيمة خلال مرورهما بأنسجة الأجسام الحية ، أكثر كثيرا من تأثير أشعة جاما أو أشعة X. وقدرة جسيمات ألفا على التعمق فى الأنسجة الحية ضعيفة جدا بينما نجد أن جسيمات بيتا أكثر قدرة على النفاذ فى الأنسجة الحية.

يوجد اليورانيوم منتشرا فى الأرض منذ ملايين السنين ، ويتحلل بعضه خلال سلسلة من التفاعلات فيتحول إلى ثوريوم thorium (Th 90/232) ، ثم إلى راديوم radium (Ra 88/226) الذى يستخدم فى علاج الأورام السرطانية ، ويستمر التحلل فيتحول الراديوم إلى عنصر مشع آخر ولكنه غازى وهو الرادون radon (Rn 86/222) والذى يتحول بعد سلسلة من الإنحلالات إلى عنصر الرصاص غير المشع (Rb 82/207) حيث تنتهى السلسلة الإنحلالية لليورانيوم .

بدأ إستغلال اليورانيوم بصورة واضحة سنة 1950 ووصل الإنتاج إلى أقصاه سنة 1959 ، وكان حوالى 34 ألف طن. يقدر ما تحتويه القشرة الأرضية من عنصر اليورانيوم بمتوسط 3 إلى 4 جرام لكل طن، ولا يعتبر الإستخراج منه إقتصاديا إذا قلت نسبة اليورانيوم عن كيلوجرام/ طن ، إلا فى حالة وجوده مع معدن آخر مطلوب ومن الممكن إستخراجهما معا .

معظم البلوتونيم plutonium (Pu 94/239) الموجود بالأرض من صنع الإنسان حيث يتكون بكميات كبيرة فى المفاعلات الذرية التى تستخدم فيها اليورانيوم 238 كوقود ، ويتم ذلك بقذف اليورانيوم بنيوترونات فتنقسم نواة ذرة اليورانيوم وتتطاير جسيمات ألفا منها بسرعة عالية ، ويمكن لهذه الجسيمات إعادة مهاجمة ذرات أخرى وهكذا تستمر سلسلة التفاعلات ، ويتكون أثناء ذلك البلوتوينم (شكل 37).

تختلف العناصر المشعة فى مدى نشاطها الإشعاعى والذى يقدر بعمر النصف half life ، وعمر النصف هو المدة الزمنية التى يتحول فيها نصف كمية العنصر من عنصر مشع إلى آخر غير مشع ، ومن ذلك نجد أن عمر النصف لليورانيوم 238 يصل إلى 4510 مليون سنة وأن عمر النصف للبلوتوينم 239 يعادل 24400 سنة.



شكل 37 : قذف نواة ذرة يورانيوم 235 بنيوترون يتسبب في إنشطارها إلى جزئين يتطايران بسرعة عالية وفى نفس الوقت ينطلق نيوترونات أو ثلاثة يمكنها إحداث تفاعل تسلسلى

عنصر الرادون ، أحد نواتج تحلل اليورانيوم هو عنصر غازى مشع عديم اللون والرائحة وعام الإنتشار ، يبث طبيعيا فى الجو نتيجة تحلل ذرات بعض العناصر المشعة الموجودة فى صخور ومعادن القشرة الأرضية وأهمها اليورانيوم والثوريوم والراديوم. ويعتبر الرخام المصنع من الجرانيت من أكثر مصادر إنبعاث الرادون ، يليه فى ذلك السيراميك والغاز الطبيعى ، كما يوجد فى التربة أو الأحجار التى تستخدم فى بناء المنازل. قد يتسبب عن التعرض لغاز الرادون لمدد طويلة وبكميات مرتفعة الإصابة بسرطان الرئة. وقد قدرت حالات الإصابة بسرطان الرئة الناتجة عن التعرض للرادون فى الولايات المتحدة الأمريكية بحوالى خمسة آلاف إلى عشرين ألف حالة سنويا ، ومن المعروف أن التدخين يساعد على ظهور هذه الحالات فى الأماكن المغلقة. عمر الرادون قصير جدا حيث يتحلل إلى جسيمات مشعة صلبة أخطر كثيرا من الرادون وتسمى بنات الرادون daughters of radon ويقدر نصف العمر لها بحوالى 3.8 يوم . تلتصق بنات الرادون بحبيبات الغبار المتطايرة وقد تصل مع الإستنشاق إلى الرئتين حيث تترسب فى أنسجتها وتتحلل بها معطية أجسام ألفا ، لهذا وجب التهوية الجيدة للحجرات المبنية من أحجار تبث الرادون .

لم تمض سبع سنوات على تفجير أول قنبلتين ذريتين على اليابان حتى تمكن إدوارد تلر E. Teller سنة 1952 من تفجير أول قنبلة هيدروجينية بتعريض خليط من الإيدروجين الثقيل deuterium والإيدروجين الأثقل tritium لدرجة حرارة 14 مليون درجة ، والتى نتجت عن تفجير قنبلة ذرية. نتج عن ذلك إتحاد نوعى الإيدروجين وتكون عنصر هليوم وإنطلق عن هذا التفاعل طاقة هائلة ، وهذا ما يعتقد بحدوثه فى باطن الشمس .

$$H^2 + H^3 \longrightarrow He + \text{طاقة}$$

المشكلة الرئيسية التى تنتج عن التفاعلات الذرية والنووية هى فى كيفية التخلص من النفايات الخطرة الناتجة عنها ، فكما أن المفاعلات الذرية والنووية تحتاج إلى مواد مشعة لتشغيلها فإنه ينتج عنها أيضا مواد أخرى مشعة ، ومن المطلوب التخلص منها. هذه النفايات المشعة قد تستمر فى إصدار إشعاعات مئات أو آلاف أو ملايين السنين ، ويتوقف ذلك على عمر النصف للمادة المشعة فعنصر البلوتونيم 239 يحتاج إلى نصف مليون سنة ليصبح آمنا للتداول ، فى حين أن عنصرا آخر مثل السيزيوم cesium (C_s 55/137) يحتاج إلى عناية فى حفظه لمدة ألف سنة. ومن العناصر المتكونة فى نفايات الإنشطار الذرى عنصر النبتونيم neptunium (Np 93/237) الذى يستمر نشاطه الإشعاعى مدة مليون سنة ، من ذلك يتضح لنا أهمية الوسيلة التى يمكن بها حفظ هذه المواد ومنع تدفق إشعاعاتها إلى الخارج.

تختلف الدول فى الطرق المتبعة للتخلص من النفايات المشعة. فالبعض يدفنها على أعماق كبيرة فى باطن الأرض داخل حجرات إسمنتية بعد وضعها فى أوعية من الصلب غير القابل للصدأ ثم إغلاقها بإحكام ، أو يضعها داخل مواد عازلة من الخزف أو الزجاج. البعض يدفنها بعد إحكام تغليفها ، فى قاع المحيطات.

نوع آخر من المخلفات المشعة هو نواتج إستخراج وتركيز الخامات المشعة لإستخدامها فى المفاعلات الذرية أو النووية ، ويعتبر النشاط الإشعاعى للمخلفات المتبقية أو للنفايات خطيرا إذا زاد عن مائة كورى* لكل لتر.

الاستخدامات السلمية للتفاعلات النووية ، رغم ما يتخذ فيها من إجراءات مشددة لمنع حدوث أى تسرب إشعاعى ، إلا أنه قد يحدث بين الحين والآخر حوادث خطيرة

* وحدة كورى Curie = النشاط الإشعاعى لجرام واحد من عنصر راديوم 226

قد يعلن عنها وقد لا يعلن ، وأشهر ما سجل في ذلك حادثين حدث أولهما في الولايات المتحدة الأمريكية ، وحدث ثانيهما في الإتحاد السوفيتي أعظم دولتين وقتذاك.

الحادث الأمريكي كان في مفاعل ثري مايل أيلند Three mile island في صباح 28 مارس 1979 نتيجة خلل في جهاز التبريد ، وبعد يومين من إكتشاف الخلل أعلن عن إحتمال ذوبان قلب المفاعل وحدوث انفجار لفقاعة غاز ايدروجين تكونت في المفاعل الذى إرتفعت درجة حرارته عن الحرارة المصمم لها خوفا من حدوث الإنفجار وما يتبعه من تسرب إشعاعي ، نصحت السيدات الحوامل والأطفال في دائرة نصف قطرها خمسة أميال حول المفاعل بترك المنطقة. لحسن الحظ تحسن الوضع ، في 2 إبريل ، وقل الخطر ونجح التبريد في خفض حجم فقاعة الإيدروجين الخطرة. بعد إسبوع آخر أعلن زوال الخطر نهائيا بعد حوالي أسبوعين عاشها سكان المنطقة في رعب. وترتب على هذا الحدث إعادة مراجعة ضمانات السلامة عند تصميم وإنشاء مفاعلات أخرى.

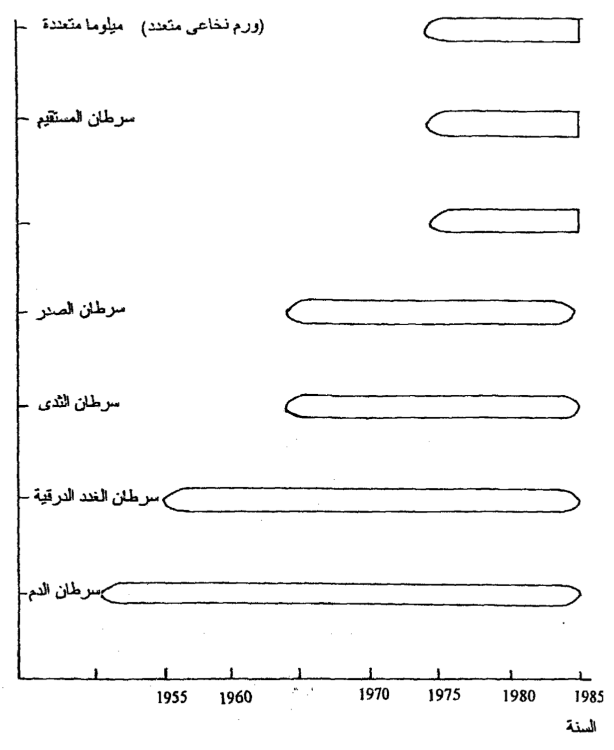
الحادث السوفيتي كان من نصيب مفاعل تشرنوبيل Chernobyl والذى يقع على نهر بريبيات Pripyat بأوكرانيا ، عندما حدث تسرب إشعاعي من الوحدة الرابعة للمفاعل في 26 إبريل 1986 ، فتكونت سحب كبيرة من الغبار والغازات المشعة. تحركت السحب المشعة في أوروبا حتى شملت السويد وفنلندة ويوغوسلافيا والنمسا والمانيا وسويسرا وتركيا والمجر وبولندة وبريطانيا. وكان لهذا الحادث وللسحب المشعة التى نتجت عنها ولأمطارها التى تساقطت في أنحاء مختلفة ، الأثر الكبير المزعج على الإنتاج الزراعي النباتي والحيواني ، مما أثر على تجارة تلك المنتجات سواء من دولة الحادث أو من الدول التى سقطت عليها الأمطار المشعة. يرجع حادث تشرنوبيل أيضا الى خلل في أجهزة التبريد فازدادت حرارة وقود اليورانيوم وأدى ذلك الى اشتعال النار في الوعاء الجرافيتي الحامل لليورانيوم .

وأدى ذلك إلى إشتعال النار فى الوعاء الجرافيتى الحامل لليورانيوم ، والذى تم إخماده بعد أربعة ساعات ، ولكن قلب المفاعل إستمر مشتعلا لمدة عشرة أيام مما تسبب فى إنفجار السقف المعدنى للمفاعل ، وبذلك إستمر إنطلاق الإشعاعات المؤينة لمدة أسبوعين ، وتلوثت بالإشعاعات المنطقة المحيطة بالمفاعل والتى شملت حوالى 260 ألف كيلو متر مربع.

نتج عن الحادث السوفيتى تراجع كثير من الدول عن إنشاء مفاعلات نووية لأغراض السلم.

إزدادت حالات تعرضنا للإشعاعات منذ أن إكتشفت الطاقة الذرية. وقد عرف الإنسان التأثير المدمر للإشعاعات النووية عقب إلقاء قنبلتى هيروشيما وناجازاكى الذريتين فى أغسطس 1945 قبيل نهاية الحرب العالمية الثانية. تسببت القنبلتين الذريتين فى قتل ما يزيد عن مائة ألف شخص فى الحال ، وتأثر سكان المناطق المحيطة والمجاورة بالإشعاعات المؤينة ، فأحدثت حروقا وظهرت أمراض السرطان بينهم بعد مرور بضعة سنوات وإستمرت فى الظهور طوال سنين طويلة زادت عن أربعين سنة بعد التعريض (شكل 38) .

الإشعاعات المؤينة ionized radiations وخاصة نوعى ألفا وبيتا والتى يمكنها إختراق الأجسام الحية كرصاصات دقيقة تكسر الروابط التى تجمع الجزيئات الحيوية معا ، متسببة فى موت كثير من الخلايا وتلف البعض الآخر ، والذى كثيرا ما يحدث بها إختلالات كروموسومية ، وتزداد بينها فرص حدوث تضاعف فى أعداد الكروموسومات بالخلية ، وغالبا ما يتسبب ذلك فى حدوث سرطان. كذلك فإن الشعاع المؤين يمكنه قطع الكروموسوم فى أى جزء يصيبه منه محدثا تلفا للجينات genes فى المنطقة المصابة حتى ولو عاد إلتحام الكروموسوم. وقد وجد أن أثر التعرض للإشعاعات فى حدوث أورام سرطانية هو تأثير تراكمى ، بمعنى أن التعرض لإشعاعات بتركيزات منخفضة ولكنها متعددة وعلى فترات ينتج عنه



شكل 38 : مواعيد ظهور أنواع مختلفة من الأمراض السرطانية
فى منطقتى هيروشيما وناجازاكى بعد التفجيرين الذريين فى أغسطس 1945

نفس الضرر الذى يحدثه التعرض لجرعة واحدة كبيرة تعادل مجموع الجرعات الصغيرة. وقد وجد أن التغييرات التى تحدثها الإشعاعات المؤينة على التراكيب الكروموسومية تعتبر تغييرات وراثية إذا حدثت فى خلايا تناسلية ، عندئذ يمكنها الإنتقال من الآباء إلى الأبناء. ونذكر فى هذه المناسبة مدام كورى Marie Kurie مكتشفة اليورانيوم والبولونيم polonium مع زوجها Pierre Curie (شكل 39)، ونالا جائزة نوبل فى الطبيعة سنة 1903 ، ثم اكتشفت مدام كورى بعد ذلك الراديوم وتأثيره العلاجى ونالت فى ذلك جائزة نوبل فى الكيمياء سنة 1911. هذه العالمة الكبيرة توفت سنة 1934 بمرض سرطان الدم نتيجة لتعرضها الزائد لمواد مشعة خلال دراساتها على العناصر المشعة.



شكل 39 مدام كورى وزوجها مكتشفا اليورانيوم والبولونيم

من الأشعة غير المؤينة التى يتعرض لها الإنسان كثيرا فى هذا الزمن المجالات الكهرومغناطيسية electromagnetic fields ، ومعظمها إشعاعات أقل طاقة من أشعة جاما أو الأشعة السينية. من هذه الأشعة تلك التى تحيط بالمصادر الكهربائية كتوصيلات خطوط الضغط العالى وأجهزة التليفزيون وغيرها من الأجهزة الكهربائية والأجهزة اللاسلكية كالتليفون المحمول وأجهزة الإرسال والإستقبال والكمبيوتر. ومن الأجهزة الحديثة أفران الميكروويف والتى تستخدم للانضاج السريع للطعام بإستخدام أشعة الميكرويف وهى أشعة حرارية أطول من الأشعة تحت الحمراء. وقد ثبت حدوث أضرار من بعض تلك الإشعاعات ، فوجد أن الأشخاص المقيمين والمعرضين بكثرة ويعيشون قريبا من خطوط كهرباء الضغط العالى معرضون أكثر من غيرهم للإصابة بسرطان الدم وكذلك لإمراض الجهاز العصبى ، وأيضاً لإلتهاب المفاصل وحساسية الجلد والصدر والعيون. وقد لوحظ على العاملين المعرضين لأشعة الرادار زيادة الإرهاق العصبى والإجهاد وفقد الذاكرة. كما لوحظ ضعف الإبصار على المستخدمين لشاشات الحواسب الإلكترونية ، ويعتقد بوجود تأثير مماثل على الذين يتابعون أجهزة التليفزيون لمدد طويلة يومياً.

عموما فإن التعرض للإشعاعات المختلفة وخاصة المؤينة منها يتسبب عنه ما يلى :

1- قلة كرات الدم البيضاء ، وينتج عن ذلك ضعف فى المناعة ضد الأمراض وسهولة الإصابة بسرطان الدم .
2- شعور بالغثيان والقيء والإرهاق .
3- حساسية للعيون وقد تحدث عتامة فى العيون .
4- حساسية للجلد وقد تسبب فى حدوث سرطان الجلد .
5- حساسية للصدر وقد يتطور إلى سرطان الرئة أو الثدى .
6- إضرار بالكرموسومات تنتج عنه أمراض سرطانية أو أمراض وراثية .

التلوث والأمراض السرطانية

السرطان هو نوع من الإضطراب فى سلوك بعض خلايا الكائن الحى ينتج عنه تكاثر مستمر لتلك الخلايا يصعب السيطرة عليه ، فتتكون خلايا جديدة ، ليس الجسم فى حاجة إليها ، بل تعتبر خلايا غريبة ضارة بالكائن الحى. يبدأ هذا الإضطراب عادة ، من نواة خلية واحدة ، أو بالتحديد من المادة الوراثية للخلية والمكونة للكروموسومات والمعروفة بالرمز DNA . الخلايا السرطانية لا تلتصق ببعضها جيداً كما فى الخلايا الطبيعية ، ولهذا فهى تنفصل عن بعضها بسهولة. فمن البؤرة الأولى حيث يتكون الورم الإبتدائى primary tumour ، كثيراً ما تنتقل بعض خلايا الورم السرطانى الإبتدائى خلال الأوعية الدموية أو النظام الليمفاوى فتتمكن من غزو أنسجة قريبة أو بعيدة حيث تكون بؤر جديدة سرطانية ، أو ما يعرف بالأورام الثانوية secondary tumours . وكثيراً ما يحدث الإنتشار قبل إكتشاف المرض ، أى قبل ظهور أية أعراض سريرية تدل عليه.

تحتوى نواة أية خلية غير تناسلية فى جسم الإنسان على 23 زوج من الكروموسومات ، تحمل آلاف الجينات genes . يختص كل جين بصفة معينة ، وقد يشترك أكثر من جين فى تحديد الصفة. ويعتقد بعض العلماء بأن جينة واحدة منها تختص بوظيفة تنظيم تكاثر الخلية ، فإذا تلفت تلك الجينة فى خلية من خلايا الجسم فإن هذه الخلية تنقسم بصورة غير منتظمة وبصفة مستمرة ، وينتج عن ذلك الورم السرطانى .

لوحظ أن غالبية الخلايا السرطانية تحتوى على عدد شاذ من الكروموسمات يخالف العدد الطبيعى فى خلايا الإنسان وهو 46 ، فقد يحث تضاعف لهذا العدد فيصبح 46 زوجاً من الكروموسومات أو 92 زوجاً. وقد ينتج عن الخلل تكون عدد فردى من الكروموسومات ، كأن يصبح العدد 79 مما يشكل صعوبة فى عملية

إنقسام الخلية. أحياناً لا تتغير أعداد الكروموسومات عن العدد الطبيعي ، أى يبقى العدد 23 زوجاً ، ولكن يحدث الخلل فى تركيب بعض الكروموسومات عن طريق إضافة أجزاء من كروموسومات معينة إلى كروموسومات أخرى ، وأيا كان الخلل الكروموسومى فإن السيطرة على التكاثر الخلوى لتلك الخلايا تخرج عن نطاق التكاثر والنمو الطبيعيين.

فترة حضانة المرض هو إصطلاح يدل على الفترة الزمنية بين حدوث السبب ، وهو فى حالة أمراض السرطان ، حدوث خلل كروموسومى فى نواة خلية أو أكثر من خلايا الجسم ، وظهور العلامات السريرية للمرض. هذه الفترة فى حالة أمراض السرطان قد تطول إلى سنوات عديدة ، وقد تصل فى بعض الأحياء إلى 50 سنة ، وتختلف مدة حضانة هذا المرض وفقاً لنوعيته ، وتقل كثيراً فى حالة تعرض المرأة الحامل للإشعاعات حيث تقل فترة الحضانة إلى أقل من عام. تزداد فترة الحضانة لحوالى ثلاث سنوات فى حالة سرطان الدم ، وتزداد أكثر وتصل إلى حوالى عشرة سنوات فى حالة سرطان الغدة الدرقية ، وإلى حوالى عشرين سنة فى حالات سرطان الصدر والرئة ، وإلى حوالى 30 سنة أو أكثر فى حالات سرطان المعدة والقولون. وقد أمكن تحديد تلك المدد بتتبع حالات قاطنى منطقتى هيروشيما وناجازاكى باليابان والذين نجوا من الموت المباشر نتيجة التعرض للإشعاعات الناتجة عن إنفجار القنبلتين الذريتين بهما سنة 1945(شكل 38).

بفرض أن سرطاناً بدأ من خلية واحدة من جسم إنسان ، قطر تلك الخلية فى المتوسط أقل من 20 ميكرون* ، ويمكننا أن نتصور مدى ضآلة تلك الخلية بالنسبة للشخص إذا علمنا أن جراماً واحداً من نسيج بجسم إنسان يحتوى على حوالى مائة

* الميكرون micron مقياس طولى = 10^{-3} ملليمتر ، أى جزء على ألف من الملليمتر
= 10^{-6} متر ، أى جزء على مليون من المتر

مليون إلى بليون خلية ، فإن تكاثر هذه الخلية سيحتاج إلى زمن طويل للوصول إلى نسيج سرطانى محسوس ، وعادة يصعب تشخيص المرض قبل وصول وزن الورم إلى وزن يتراوح ما بين عشرة جرامات إلى كيلوجراما ، ويستثنى من ذلك حالات سرطان الجلد وسرطان الثدى ، فيمكن إكتشافهما عند وصول الورم إلى جزء من الجرام .

يحتاج الورم السرطانى لإستمرار نموه إلى تغذية مستمرة من الجسم المضيف ، وذلك بنمو وإنتشار أوعية دموية دقيقة تنتشر خلال الورم تزوده بإحتياجات نموه وإنقسامه من غذاء وأكسوجين ، وإلا فإن نمو الورم يتوقف وتبدأ خلاياه فى الإنكماش والموت ، او تبقى الخلايا كما هى فى حالة سكون. يحدث ذلك فعلاً عندما لا يكون إنتشار الأوعية الدموية جيداً ، فتموت خلايا الورم التى لا يصلها الغذاء ، وتنمو وتتكاثر تلك التى تصلها الأوعية الدموية حاملة الغذاء والأكسوجين. هذا يعنى أن الجسم الإنسانى قادر على إيقاف النمو السرطانى بمنع الغذاء والأكسوجين عنه ، وهو أيضاً قادر على تشجيعه بتزويده بإحتياجاته ‼ مو والتكاثر. كذلك فإن الجسم الإنسانى قادر أيضاً على إطالة فترة حضانة المرض عن طريق جهازه المناعى الذى يمكنه الوصول بالورم إلى حالة من التوازن بين تكاثره وإنتاجه لخلايا جديدة ، وبين تحطيمه لخلايا أخرى ، إذ أن الخلايا السرطانية رغم أنها من نتاج الجسم ، إلا أنها تعتبر غريبة عنه نظراً للتغيير الذى حدث فى تركيبة أنوية خلاياه الوراثية. ويرى البعض أن بعض الأورام تفرز بروتينات خاصة تشجع نمو وجذب الأوعية والشعيرات الدموية نحوها ، وبذلك تستمر فى النمو والتكاثر. ومع نمو الورم الإبتدائى قد تتكون أورام أخرى جانبية ، إلا أنها لا تستمر فى النمو ، ذلك لأن الورم الإبتدائى يفرز مواداً كيميائية تمنع نمو الأورام الأخرى المجاورة. من هذه الكيماويات المثبطة التى يفرزها الورم الإبتدائى مركبى أنجيوستاتين angiostatin وإندوستاتين endostatin ، ولهذا فعند التدخل الجراحى وإزالة الورم الإبتدائى فإن بعض الأورام الصغيرة الساكنة قد تنشط بعد أن توقف إفراز المواد المثبطة.

وتجرى الدراسات حالياً حول إستخدام تلك المثبطات في علاج الأورام السرطانية وإيقاف نموها.

قدرت حالات الوفيات على مستوى العالم خلال سنة 1993 بحوالى 51 مليون حالة ، ووجد أن حوالى 6 مليون حالة وفاة منها ترجع إلى الإصابة بالسرطان وذلك يمثل حوالى 12 % من الوفيات. ونظراً لطول فترة حضانة المرض نجد أن حالات تشخيص المرض وحالات الوفيات الناتجة عنه تزداد مع التقدم في العمر. هذا المرض لم يكن في الماضي يشكل خطورة على الإنسان ، فنجد أنه في الولايات المتحدة الأمريكية كانت وفيات السرطان حوالى 6 % سنة 1955 ثم صارت حوالى 22 % سنة 1984.

بالنسبة لأنواع أمراض السرطان المختلفة ومدى إنتشارها ، نجد أن إصابات سرطان الرئة والقصبات الهوائية والشعب الرئوية تعتبر في مقدمة إصابات السرطان إنتشارا ، وقد قدرت الوفيات الناتجة عنها بحوالى 17 % من مجمل الإصابات السرطانية سنة 1993 ، يليها سرطانات المعدة والقولون والمستقيم ، ويليها سرطانات الشفة والمرىء ، ثم سرطان الكبد والثدى .

تختلف نسبة الإصابة بأى من السرطانات المختلفة بين الشعوب المختلفة ، حيث ينتشر سرطان الجلد بين أصحاب البشرة الفاتحة اللون ويرجع ذلك غالبا إلى التعرض لضوء الشمس ، أما أصحاب البشرة الداكنة فإن اللون الداكن يحمى صاحبه من تأثير ضوء الشمس . وغالبا ما يرجع الإرتباط بين الشعوب وأنواع الإصابات السرطانية إلى عوامل البيئة وليس إلى عوامل وراثية ، ففى الهند نجد أن 30 % من حالات السرطان تحدث فى الفم والبلعوم ويعزى ذلك إلى عادة مضغهم لورق التامول betel quid. وفى أوربا تقل الإصابات بسرطانات الكبد والبروستاتا وعنق الرحم مقارنة بإفريقيا. وفى بريطانيا تزداد معدلات الإصابة بسرطان الرئة حوالى سبعة أضعاف حدوثها فى الهند. وفى اليابان تصل أعداد الإصابة بسرطان المعدة إلى 980 شخص لكل مليون شخص ، فى حين أنه فى الولايات المتحدة الأمريكية يصاب بهذا المرض حوالى 150 شخص لكل مليون ، أما بالنسبة لأجيال

اليابانيين المهاجرين بالساحل الغربى الأمريكى فقد قلت نسبة الإصابة بسرطان المعدة بينهم كثيرا.

عموما فإن الإصابة بالسرطان تزداد فى الدول المتقدمة مقارنة بالدول النامية ، كما أنها تزداد فى المجتمعات الصناعية مقارنة بالمجتمعات الريفية وغيرها من المجتمعات الطبيعية. وقد وجد أن الأطفال الذكور بالدول المتقدمة تصل إحتمالات إصابتهم بالسرطان خلال فترة من حياتهم إلى 20-25 % ، فى حين أن الأطفال الذكور فى الدول النامية تصل فرص إصابتهم بمرض السرطان إلى حوالى 10 % فقط ، وتتساوى معدلات الإصابة بين الدول المتقدمة والنامية فى الأعمار الكبيرة.

عاملان غير وراثيين يلعبان دورا هاما فى تحديد معدلات الإصابة بالأمراض السرطانية ، هما التدخين والتغذية ، ففى دراسة تمت سنة 1996 وجد أن حوالى 66% من حالات السرطان فى الدول المتقدمة يمكن تلافيها بالإمتناع التام عن التدخين وإتباع نظام غذائى صحى.

بالنسبة للتدخين إتضح من دراسة أجريت سنة 1994 أن مخاطر الإصابة بسرطان الرئة تزداد بنسبة 20 إلى 30 % للزوجات أو الأزواج غير مدخنين ولكن متزوجون من مدخنين أو مدخنات. وفى دراسة حديثة أخرى وجد أن نسبة 9-13% من حالات سرطان الرئة التى تصيب البالغين فى أوربا ترجع إلى التعرض البينى لدخان المدخنين. وفى دراسة بإنجلترا وجد أن 40 % من وفيات سرطان الرئة بين الذكور ترجع إلى التدخين ، وهذا يمثل 11 % من جملة الوفيات. وعموما فإن كثرة التدخين تؤدى إلى الإصابة بسرطانات الرئة والمثانة والفم والبلعوم والمرىء والحنجرة ، والإمتناع عن التدخين يعتبر خير وسيلة للوقاية من تلك الأمراض سواء بالنسبة للمدخن أو للمستنشق لهواء المدخن (جدول 6).

جدول 6 : إحتمالات الإصابة بالسرطان للمدخنين مقارنة بغير المدخنين*

نوع السرطان	إحتمالات زيادة الإصابة مع التدخين(%)	ملاحظات
سرطان الفم	1000-300	تزيد مع تناول الكحولات
سرطان المرىء	900-200	" " "
سرطان الحنجرة	1770-290	-----------
سرطان الرئة	----------	السبب الرئيسى للمرض هو التدخين
سرطان المثانة	1000-700	تزيد النسبة مع العمل فى الصباغة وبعض المهن الأخرى.
سرطان البنكرياس	500-200	------------

* المصدر : الجمعية الأمريكية للسرطان .

وبالنسبة للوقاية عن طريق إتباع نظام غذائى صحى فإنه ينصح بزيادة أكل الفاكهة والخضروات الطازجة وخاصة الغنية بمضادات الأكسدة مثل فيتامينات E, C, A وريبوفلافين. ويجب مراعاة عدم تناول الفيتامينات المصنعة بكميات زائدة، ذلك أن الزيادة فى فيتامينى C, A يمثلان عبئا على الكبد والكلى ، كما أن زيادة الحديد تفسد عمل فيتامين C ، فبدلا من مفعوله الطبيعى كمضاد للأكسدة ، يصبح مع زيادة الحديد عامل محفز للأكسدة. كذلك فينصح بتناول الأغذية مرتفعة الألياف والإقلال من الدهون المشبعة والكحولات ، فكثرة تناول المشروبات الكحولية تتسبب فى حدوث سرطانات الفم والمرئ والحنجرة والكبد. مثل هذا النظام الغذائى ، كما يفيد فى حالة الأورام السرطانية والوقاية منها ، فإنه يفيد أيضا فى الوقاية ضد أمراض القلب والشرايين .

تتميز بعض الأغذية النباتية بإحتوائها على مركبات خاصة ذات فائدة فى الحد من نمو الخلايا السرطانية ، من ذلك الخضروات التابعة للعائلة الصليبية والتى تشمل البروكلى والكرنب والقرنبيط فهى غنية بمركبات الإندول indoles التى تقلل من فرص تكوين ونمو أورام الغدد اللبنية ، فتقلل من فرص حدوث سرطان الثدى ، كما يحتوى البروكلى على المركب الكبريتى sulforaphane المضاد للسرطان. ويحتوى الشاى الأخضر المشروب الشعبى فى اليابان على مادة إبيجالوكاتكين epigallocatechin المضاد للأكسدة والمفيدة فى مقاومة سرطان الرئة. ويحتوى فول الصويا على مادة جنستين genistein التى يعتقد بأنها توقف مفعول الجين المنبه لحدوث السرطان. ويحتوى العنب الأحمر والبصل الأصفر والأحمر والبروكلى على مادة كرتسين quercetin المضادة للسرطان.

يتلوث الغذاء عادة من الماء المستخدم فى معاملته ، سواء عند الرى أثناء الزراعة أو عند الغسيل عقب الجمع وقبل التعبئة أو عند تجهيز المنتج الغذائى سواء فى المصنع أو فى المنزل. كذلك فإن التلوث يحدث فى المزارع عند التسميد والرش بالمبيدات. كما تتلوث المياه بالمبيدات والأسمدة والمسببات المرضية الحية. تدخل كثير من الملوثات فى نطاق المسرطنات ، فأسمدة النترات قد ينتج عنها نتروأمينات nitrosamines والتى تعتبر من المسرطنات القوية. وبعض المسببات الحية قد تنشط فى المواد الغذائية منتجة مواد سامة ، قد تكون تلك المنتجات من مسببات السرطان مثل التوكسينات الفطرية mycotoxins ومنها الأفلاتوكسينات aflatoxines المسببة لسرطان الكبد والتى تظهر فى الفول السودانى والحبوب.

من المبيدات التى كثيرا ما تصل إلى الإنسان عن طريق الغذاء ، المبيدات العضوية المكلورة ومنها مركبات DDT واللندين والتى منع استخدامها فى كثير من دول العالم لخواصها المسرطنة.

قد يكون التلوث بمسببات مرضية سببا فى حدوث حالات من الإصابات السرطانية ، من ذلك الإصابات الكبدية بفيروس الكبد الوبائى B والذى قد تنتج عنه حالات تليف فى الكبد ، ومن مضاعفاته إستسقاء فى تجويف البطن ونزيف فى دوالى المرئ قد يتطور إلى سرطان كبدى . يتسبب هذا المرض فى وفاة ما يزيد على مليون شخص معظمهم من جنوب شرق آسيا والصين وإفريقيا.

60 % إلى 90 % من حالات الإصابة بالسرطان تعزى إلى تلوثات بيئية ، قد تكون جوية أو مائية أو غذائية أو إشعاعية أو مرتبطة ببعض العادات كالتدخين أو شرب الخمور ، أو مرتبطة بالعمل فى بعض الصناعة كصناعات التعدين والنسيج والأسبستوس أو دهان السيارات أو تنظيف المداخن. وقد عرفت العلاقة بين مهنة تنظيف المداخن وتعرض العاملين للهباب الناتج عن التنظيف والإصابة بسرطان الجلد منذ عام 1775. كذلك لوحظت إصابات سرطانية بين العاملين فى تكرير البترول وإنتاج الألومنيوم وصناعة الزجاج والكريستال واللحام ، وأيضا بين العاملين فى التنظيف الجاف والتحميض والطباعة وصناعة البلاستيك والمعرضين للرش بالمبيدات. وقد عرف ما يزيد عن 300 مادة تنتجها الصناعة صنفت على أنها من المسرطنات. الملوثات المختلفة ، وخاصة بعض الملوثات الكيميائية والإشعاعية كثيرا ما ترتبط بالإصابات السرطانية. ففى دراسة أجريت ببولندة تمت عام 1990 وجد أن 4 % من إصابات سرطان الرئة بين الرجال و10 % بين النساء ترجع إلى الإقامة بمناطق يزداد فيها معدلات الدخان الأسود إلى معدل سنوى يزيد عن 150 ميكروجرام فى المتر المكعب لعدة سنوات قبل اكتشاف المرض. وفى الولايات المتحدة الأمريكية قدر ما يبث فى الجو من ملوثات سامة بحوالى 1200 مليون كيلوجرام سنويا ، وهذه تتسبب فى 1000 إلى ثلاثة آلاف حالة وفاة بالسرطان سنويا. وقد سجل وجود العديد من المواد الهيدروكربونية الأليفاتية والعطرية المسرطنة بالمناطق الملوثة بها ، ومصدرها الرئيسى هو إحتراق البترول والبنزين والديزل (جدول 7)

جدول 7 : بعض الملوثات الهيدروكربونية ، تركيبها ومدى خطورتها

المادة		التركيب	الخطورة
كريزين	chrysene	$C_{18}H_{12}$	+
		$C_{18}H_{12}$	+
بنزانثرسين	benzanthracene	$C_{22}H_{14}$	+
دايبنز انثراسين	dibenzanthracene	C_9H_8N	+
		$C_{20}H_{12}$	++
كوينولين	quinoline	$C_{20}H_{14}$	++
بنزوفلورانثين	benzofluoranthene	$C_{21}H_{13}N$	++
		$C_{18}H_{12}$	+++
دايبزوبيرين	dibenzopyrene	$C_{20}H_{13}N$	+++
دايبنأكريدين	dibenacridine	$C_{20}H_{12}$	++++
بنزوفينانثرين	benzophenanthrene		
دايبنزوكربازول	dibenzocarbazole		
بنزوبيرين	benzopyrene		

لوحظ فى السنوات الأخيرة بمصر تزايد مقلق لحالات إصابة الأطفال بأمراض السرطان ، وبخاصة سرطان العظام وسرطان الدم ، وقد صحب ذلك إرتفاع معدلات وجود المعادن الثقيلة ومنها الرصاص والكادميوم وكذلك أملاح النترات فى مياه الشرب. كما وجد عند تحليل ألبان الأمهات حدوث زيادة ، فى كثير من الأحوال فى معدلات وجود عنصر الرصاص وكثير من المبيدات الكلورينية التى تخزن فى دهون الجسم. وصول الملوثات المختلفة إلى أجسام الأطفال سواء عن طريق مياه الشرب أو لبن الرضاعة أو الأغذية المختلفة ساهم فى إرتفاع معدلات إصابة الأطفال بأمراض السرطان.

يتعرض الإنسان أثناء حياته لأنواع مختلفة من الأشعة والمجالات الكهرومغناطيسية ، بعضها ضار بالصحة ، وقد يكون حافزا للإصابة بالسرطان . فمن الأشعة الشمسية التى تصلنا مع الأشعة الضوئية الأشعة القصيرة المعروفة بالأشعة فوق البنفسجية والتى تزايد وصولها فى بعض مناطق العالم نتيجة لظهور ثقب الأوزون ، والتى تعتبر المسبب الأول لمرض سرطان الجلد ، ففى دراسة نشرت سنة 1994 وجد أنه يحدث ما يزيد عن 2 مليون حالة ورم جلدى وحوالى 200 ألف حالة خبيثة منها malignant melanomas على مستوى العالم ، ومع إزدياد تناقص الأوزون وإتساع بقعته فى طبقة الإستراتوسفير يتوقع زيادة أعداد المصابين بسرطان الجلد ، ففى حالة تناقص الأوزون بمقدار 10 % ، من المتوقع إزدياد حالات المرض بحوالى 15 %. وفى الطب يحدث التعرض لتلك الإشعاعات عند التشخيص بالأشعة وأثناء المعالجة بها.

يزداد التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية فى الصناعة والأبحاث والطب وفى وسائل النقل وفى الإتصالات السلكية واللاسلكية. ومع تطور الحياة اليومية أصبح التعرض لهذه المجالات على نطاق واسع فابستخدام لتليفزيون والراديو والحاسبات الإلكترونية والتليفون وخاصة التليفون اللاسلكى والمحمول أصبحنا معرضين لتلك المجالات اكثر من الأزمنة السابقة. وفى دراسة حديثة نشرت سنة 1996 وجد أن الأطفال المقيمين قريبا من خطوط كهرباء عالية الفولت high voltage transmission lines حيث ينتج عنها مجالات كهرومغناطيسية ، تزداد معدلات الإصابة بينهم بمرض سرطان الدم بما يزيد عن 50 % عن المعدل . وعموما فإن الإشعاعات غير المؤينة تتسبب فى زيادة حالات الإصابة بسرطان الدم والجلد ونخاع العظام والغدة الدرقية .

التعرض للإشعاعات المؤينة وهى التى تنتج عن إنبعاث جسيمات تنفصل عن ذرات معادن مشعة (شكل 38) ، قد يكون سببا فى إحداث أمراض سرطانية ،

ويتوقف نوع السرطان على نوع نسيج الجسم الذى تلقى أقصى تركيز من الإشعاعات ، وقد حدث ذلك عند إلقاء القنبلتين الذرتين على كل من هيروشيما وناجازاكى باليابان سنة 1945 ، كما حدث فى حالة التسرب الإشعاعى الذرى بتشرنوبيل بأوكرانيا سنة 1986، حين تسربت كمية كبيرة من مواد مشعة فيها يود 131 تسبب بعد أربعة سنوات من الحادث فى زيادة نسبة الإصابة بسرطان الغدة الدرقية على الأطفال ، حيث سجلت أكثر من 700 حالة لأطفال تقل أعمارهم عن خمسة عشر عاما فى منطقة التسرب خلال الفترة من 1986 حتى 1995 ، وتمثل هذه الأعداد 200 ضعف الحالات العادية.

من حالات الإشعاعات المؤينة التعرض لغاز الرادون المشع. وقد قدرت حالات سرطان الرئة الناتجة عن التعرض للرادون فى الولايات المتحدة الأمريكية بحوالى 20000 حالة سنويا. وقد وجد أن التدخين يزيد من فرص الإصابة بالسرطان. فقد قدرت حالات الوفاة الناتجة عن إجتماع التدخين مع التعرض للإشعاعات المؤينة ، لكل مليون شخص فوجدت كالتالى :

7000 شخص فى حالة التدخين المفرط بالنسبة لعمال مناجم اليورانيوم .
2650 شخص فى حالة التدخين المفرط بين عمال لا يعملون فى مناجم يورانيوم.
200 شخص للمدخن العادى من غير العاملين فى مناجم يورانيوم .
125 شخص من غير المدخنين وغير عمال مناجم اليورانيوم .

وعموما فإن دخول أية مادة مشعة من تلك التى تبث جسيمات ألفا داخل جسم إنسان ، تكون محفزة لإحداث سرطان فى المنطقة التى وصلتها ، قد تكون القصبة الهوائية ، وقد تكون الرئة أو العظام أو الكبد. تشمل تلك المواد المشعة اليورانيوم والراديوم والثوريوم والبلوتونيم والرادون .

من المعروف أن بعض المواد لها خاصية الإضاءة في الظلام ، لهذا فكر بعض صناع الساعات الأوائل في صناعة ساعات ، أرقامها وعقاربها وإطاراتها يمكن رؤيتها في الظلام ، وقد أمكنهم ذلك بطلائها بمحلول راديوم أو بغيره من النظائر المشعة ، وقد لوحظ بعدها ظهور حالات سرطان عظام بين العاملات في تلك المصانع. ومن المعروف أن الراديوم له خاصية الترسب والتراكم في العظام وأن التخلص منه يحتاج إلى زمن طويل. وقد كان اليورانيوم يستخدم في أغراض متنوعة قبل إكتشاف الانفلاق الذرى ، من ذلك إستخدامه في صناعة الأصباغ ومواد الطلاء اللامعة. يعزى إلى اليورانيوم كثرة إصابة عمال مناجم اليورانيوم بسرطان الرئة بسبب غاز الرادون الذى ينتج عن تحلله. يعد دخول الرادون ومخلفاته إلى المجارى التنفسية ووصوله إلى الرئتين تترسب مخلفاته في الخلايا المخاطية للقصبة الهوائية ، ويخرج البعض مع هواء الزفير ، كما يذهب البعض إلى الدورة الدموية .

يؤدى التعرض للبلوتونيم إلى حدوث طفح منتشر بصورة شديدة ، كما أنه عند إستنشاقه فإنه يستقر في الجهاز الرئوى وينتج عنه إشعاعات تتسبب في سرطان الرئة ، وقد حدث ذلك بالنسبة لمن بقى على قيد الحياة من مستوطنى هيروشيما وناجازاكى بعد إلقاء القنبلتين الذرتين عليهما .

الغالبية العظمى لمسببات أمراض السرطان ترجع إلى محفزات للمرض إشعاعية مؤينة أو غير مؤينة ، كما ترجع إلى ملوثات أخرى للبيئة معدنية وكيميائية، إلا أن الدراسات الحديثة في الربع الأخير من القرن الحالى أثبتت أن بعض حالات السرطان تنبهها ممرضات بكتيرية وفيروسية وبعض الطفيليات الحيوانية . ويقدر حاليا أن ما يزيد عن 1.5 مليون حالة سرطان حديثة تحدث سنويا كان من الممكن تلافى ظهورها لو أمكن تفادى الإصابة المرضية المعدية . من ذلك الإصابة بالبكتيريا هليكوبكتر بيلورى *Helicobacter pylori* والتى تعتبر من البكتيريا المسرطنة من الدرجة الأولى. تحدث تلك البكتيريا إلتهاب معدة سطحى

مزمن ، لو أهمل علاجه تحدث قرح قد تتطور إلى سرطان معدة. ينتشر هذا المرض فى كثير من الدول النامية وتقدر أعداد المصابين به بحوالى مليون شخص سنويا. ويعتبر هذا المرض هو الوحيد الذى تتناقص إحتمالات الإصابة به مع التقدم الإقتصادى ، إذ يرجع انتشاره إلى التزاحم المعيشى مع سوء النظم الصحية من تلوث الماء والغذاء .

من السرطانات الأخرى المرتبطة بمسببات حية سرطان المثانة والذى يصيب حوالى 300 ألف شخص سنويا ، فقد وجد أن ما يزيد عن 4 % من تلك الحالات تعزى إلى الإصابة بطفيل البلهارسيا والتى تكثر فى مياه أنهار كثير من الدول النامية ، وتحدث الإصابة بهذا الطفيل عادة من المياه الملوثة به أثناء الغسيل أو الاستحمام فى مياه النهر الملوث (شكل 41) .

الجزءُ الرّابع

تلوثات أخرى

التلوث البيولوجى

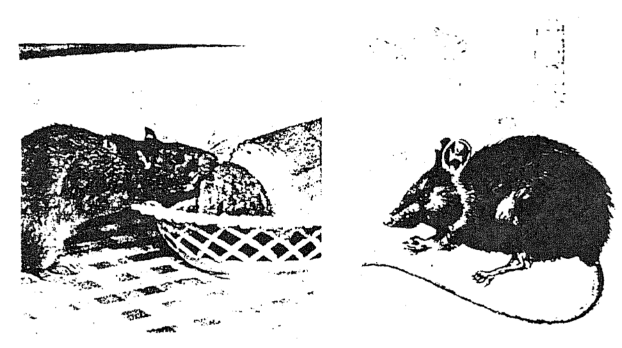
ينتج التلوث البيولوجى فى مختلف الأوساط البيئية عن تواجد أحياء أو منتجات حية غريبة أو متواجدة بأعداد غير عادية ، من ذلك مسببات أمراض الإنسان والحيوان والنبات ، من كائنات دقيقة تشمل البكتيريا والفطريات والفيروسات والبروتوزوا ، ومن كائنات حيوانية متطفلة ، فقد يحدث تلوث للماء عن أنواع من الديدان أو أحد أطوار نموها ، كما فى ديدان البلهارسيا والإنكلستوما والإسكارس والديدان الكبدية والشريطية. وقد يحدث التلوث فى المنزل عند إنتشار الحشرات المنزلية من ذباب وبعوض وبق وقمل وبراغيث وعناكب وصراصير. وقد يحدث التلوث من لعاب وشعور الحيوانات الأليفة المنزلية كالقطط والكلاب والحيوانات غير الأليفة كالفئران التى تتكاثر سريعا فى المنازل غير المعتنى بنظافتها وفى أماكن تجمع القمامة. الحشرات والحيوانات الأليفة وغير الأليفة كثيرا ما تكون وسيلة لنقل بعض الأمراض الخطيرة (شكل 40). ويكثر تلوث الجو فى الربيع عند تفتح الأزهار وإنتشار حبوب اللقاح (شكل 2) ، والتى قد ينتج عنها وعن جراثيم الفطريات العالقة فى الهواء وعن أنواع من الحلم أمراض حساسية.

بعض الملوثات البيولوجية تنتج عن مخلفات المستشفيات وتشمل الدم والأنسجة المختلفة عن عمليات جراحية وبول وبراز وملابس المرضى والتى كثيرا ما تكون محملة بمسببات أمراضهم.

تكثر الملوثات البيولوجية فى حالات قلة الماء الصحى وعدم الإهتمام بنظافة الجسم والمكان وسوء التغذية وتربية الحيوانات الأليفة بالمنازل. وتزداد هذه الملوثات فى الأماكن الرطبة السيئة التهوية والغير معتنى بها ، ويجب بوجه عام أن لا تزيد رطوبة المنزل عن 50 %. ينتج عن عدم توفر الماء الصحى الآمن إنتشار كثير من الأمراض ، وخاصة أمراض الإسهال. ورغم الإهتمام العالمى بتوفير الماء الصحى والزيادة المستمرة فى أعداد الحاصلين عليه على مستوى العالم ، إلا

أن أعداد الفاقدين للعناية الصحية نجدهم فى زيادة أيضاً ، فقد كانت أعدادهم تقدر بحوالى 2600 مليون فرد سنة 1990 فقد زادوا وأصبحوا 2900 مليون شخص سنة 1994 والمتوقع وصول أعدادهم إلى 3300 مليون شخص سنة 2000.

كثير من الملوثات البيولوجية تتسبب فى حدوث أمراض معدية كأمراض الإسهال والإنفلونزا والملاريا والحصبة والجديرى والتيفود والسل والبلهارسيا. وبعض الملوثات البيولوجية لا تتسبب مباشرة فى حدوث أمراض ولكنها تحدث الأمراض عن طريق ما تفرزه من سموم ، كما فى حالة تلوث الغذاء بالبكتيريا كلوستريديم *Clostridium* المسببة للتسمم البوتيوليني وبعض الفطريات مسببة للتسمم الأفلاتوكسيني. يصاحب بعض المشاكل المرضية التى تنتج عن التلوثات البيولوجية بعض الأعراض والتى تختلف من سبب إلى آخر والتى تشمل العطس والكحة وصعوبة التنفس والإدماع والهرش والدوخة والكسل والإرهاق والحمى وبعض المشاكل الهضمية من قيء ومغص وإسهال .



شكل 40 : الفئران تتوالد فى المنازل غير المعتنى بنظافتها وتنقل أمراضاً خطيرة

رغم التقدم الطبى الكبير واكتشاف المضادات الحيوية التى قامت بدور فعال قوى فى مقاومة العديد من الأمراض ، ورغم نشاط شركات الأدوية وظهور الكثير من الأدوية القاتلة لمسببات الأمراض ، ورغم النجاح الكبير فى مكافحة بعض الأمراض كالإسهال وأمراض الأطفال ، إلا أنه فى كل عام تظهر سلالات جديدة من ميكروبات ممرضة تتحدى ما إخترع من أدوية وما إكتشف من مضادات حيوية. وقد تنبه لذلك الكسندر فلمنج Alexander Fleming مكتشف أول مضاد حيوى عرف وهو البنسلين penicillin ، إذ أنه لاحظ أثناء أبحاثه بمعمله تكون طفرات بكتيرية فى المزارع البكتيرية المنماة معمليا عند إستخدامه تركيزات أعلى من المضاد الحيوى .

تحدث التغييرات فى التراكيب الوراثية للميكروبات بسرعة وبمعدلات أعلى بكثير إذا ما قورنت بالتغييرات التى تحدث للإنسان ، ويرجع ذلك إلى سرعة تكاثر الميكروبات فنجد أن البكتيرية الواحدة تنقسم تحت الظروف الملائمة مرة كل 20 إلى 30 دقيقة عادة ، فإذا فرض وحدث الإنقسام كل نصف ساعة فإن الفرد يصبح فردين بعد نصف ساعة ثم أربعة أفراد بعد ساعة ثم ستة عشر فردا بعد ساعتين ثم يصبح حوالى الألف فرد بعد خمسة ساعات فمليونا بعد عشر ساعات. أما الفيروسات فتعطى أعدادا أكبر بكثير ، فنجد أن بعضها يمكن أن ينتج عن الفرد ألفا من الأفراد بعد ساعة واحدة ثم يصبح مليونا بعد ساعتين. أما الإنسان فإن الجيل الواحد قد يصل إلى 20-30 سنة فيصبح الاثنان أى الزوجان ثلاثة مثلا بعد مرور عام من زواجهم ، ثم تزداد أعدادهم حتى يصلوا عند التفاؤل إلى عشرة أفراد بعد 20 سنة أخرى . الفرق شاسع !!! ولا مقارنة. من ذلك تتضح لنا الفرص الكبيرة لحدوث تغييرات سريعة وكثيرة فى التراكيب الوراثية بين أفراد الميكروبات العديدة الناتجة خلال زمن قصير ، حيث تزداد فرص حدوث طفرات والإحتمالات الكبيرة لظهور أفراد ذات قدرات عالية على التأقلم للظروف البيئية المستجدة .

لم يقتصر التوسع فى إستخدامات المضادات الحيوية على أمراض الإنسان ، بل إستخدمت ويتوسع فى الوقاية ضد أمراض الحيوانات المستأنسة ، فنجد أن حوالى 50% من المضادات الحيوية المستخدمة حاليا تعطى وقائيا فى كثير من مزارع الحيوانات والدواجن والأسماك ، ذلك أن تزاحم حيوانات من نوع واحد فى مكان محدود يساعد على انتشار الأوبئة فيما بينها ، ذلك كما يحدث عند تزاحم الإنسان فى الأماكن المغلقة . لم يقتصر التلوث على المضادات الحيوية التى تعطى للحيوانات وقاية ضد الأمراض بل أضيف إليها أيضاً التلوث بهرمونات النمو طمعاً فى مكسب كبير وسريع .

بعد النجاح الكبير فى مكافحة بعض الأمراض على المستوى العالم كمرضى السل والملاريا وتناقص معدلات الإصابة بهما ، تغير الوضع فى العقدين الأخيرين فعادت معدلات الإصابة بهما فى الإرتفاع ، ونتج ذلك عن ظهور سلالات جديدة من ميكروبى السل والملاريا تقاوم الأدوية العلاجية والوقائية الخاصة بهما. ويحدث مثل ذلك بالنسبة لفيروسات الإنفلونزا حيث تسمع كل عام عن حدوث حالات وبائية بفيروسات إنفلونزا جديدة لم يسبق أن سمعنا عنها .

تتسبب الملاريا عن بروتوزوا تعرف باسم بلازموديوم *Plasmodium* تعيش خلال فترة من حياتها فى أجسام إناث أنواع من البعوض من جنس أنوفيلس *Anopheles* ، وتعيش حشرة البعوض خلال فترة من حياتها فى الماء الراكد. وقد أمكن بإستخدام دواء كلوروكوين chloroquine علاج مرضى الملاريا ، وبإستخدام المبيد DDT القضاء على البعوض فى الفترة التى يعيشها بالماء وكذلك فى الفترة التى يطير فيها بالجو ، وبذلك أمكن محاصرة المرض كثيراً حتى كاد مرض الملاريا أن يختفى من العالم. لكن ما تبقى من بعوض الملاريا لم يستسلم فظهرت منه منذ أقل من خمس وعشرين عاماً سلالات جديدة تقاوم المبيد المستخدم فى مكافحة الحشرة فى الجو والماء ، كما تطورت البروتوزوا المسببة للمرض فأصبحت مقاومة للدواء المستخدم فى العلاج. عاد المرض أكثر عنفاً عن سابقه ...

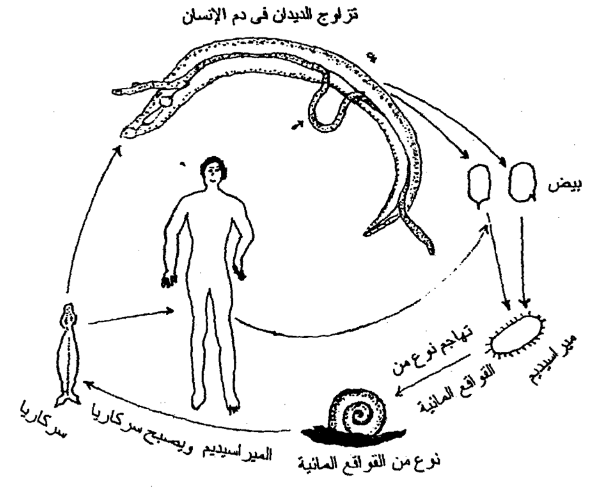
إنتشرت السلالات الجديدة للبعوض حاملة السلالات الجديدة من بروتوزوا الملاريا خلال عشر سنوات فى آسيا والشرق الأوسط وشرق أفريقيا ثم واصلت بعد ذلك إنتشارها فى باقى القارة الإفريقية.

ما حدث للملاريا حدث مثله لمرض السل ، فبعد أن كاد يعلن القضاء التام على مرض السل فى أنحاء العالم وأنه أصبح فى حكم التاريخ ، حتى ظهر من جديد بسلالات بكتيرية جديدة تتمتع بدرجة عالية من المقاومة ضد الأدوية المستخدمة فى علاجه ، ووجب البحث عن أدوية جديدة فعالة.

ومن التلوثات البيولوجية الهامة تلوث المياه بديدان البلهارسيا والمسببة لثانى أمراض المناطق الحارة خطورة وإنتشارا بعد الملاريا ، حيث يصاب بها سنويا عددا يتراوح ما بين 150 مليون إلى 200 مليون شخص ، ويموت بسببها حوالى 200 ألف شخص سنويا وهو مرض متوطن فى بعض مناطق إفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية حيث يصاب به المزارعون والصيادون. تعيش الديدان جزءا من دورة حياتها فى نوع من القواقع المائية (شكل 41) ، وتعتمد عمليات مكافحة المرض على إبادة تلك القواقع سواء عن طريق تجفيف المسطحات المائية الراكدة التى تستوطنها هذه القواقع ، أو الإعتماد على المركبات الكيماوية فى القضاء عليها ، وعادة يستخدم لذلك مركب كبريتات النحاس. رغم أن كبريتات النحاس إذا زادت عن حدود المسموح تصبح سامة للإنسان وبعض الأحياء المائية.

إضافة إلى ما تقدم ، فإن أمراضا خطيرة جديدة لم تكن معروفة فى الماضى ، ظهرت وبدأت فى الإنتشار ، فمنذ عام 1973 وحتى عام 1992 ظهر أكثر من ثلاثين مرضا جديدا. كذلك فقد تسبب الميكروبات فى قتل 16.5 مليون شخص عام 1993 على مستوى العالم ، ويمثل هذا العدد 32 % من مجمل وفيات العالم. تزداد معدلات وفيات الأمراض المعدية بين شعوب الدول النامية إلى 42 %. وقد ساعد على الإنتشار السريع للأمراض المعدية تكدس الناس فى المدن. ففى سنة 1950

كان سكان المدن يقدرون بحوالى 740 مليون نسمة بنسبة حوالى 24 % من جملة سكان العالم وقتها ، فأصبحت أعدادهم سنة 1995 حوالى 2600 مليون يمثلون 45% من سكان العالم ، ويتوقع أن يصل سكان المدن سنة 2025 إلى 60 % من مجمل سكان العالم. هجرة سكان الريف إلى المدن كثيراً ما ينتج عنها إزدياد فى المناطق العشوائية الفقيرة بالمدن ، حيث يتكدس الناس فى أماكن ضيقة سيئة التهوية ، قليلة المرافق الصحية ، وذلك يساعد على إنتشار الأمراض الوبائية. يتم التوسع فى المدن دائماً على حساب الأراضى المنزرعة ، فخلال العقد من عام 1980 إلى 1990 فقد العالم حوالى 150 مليون هكتار من الغابات (أى حوالى 360 مليون فدان).

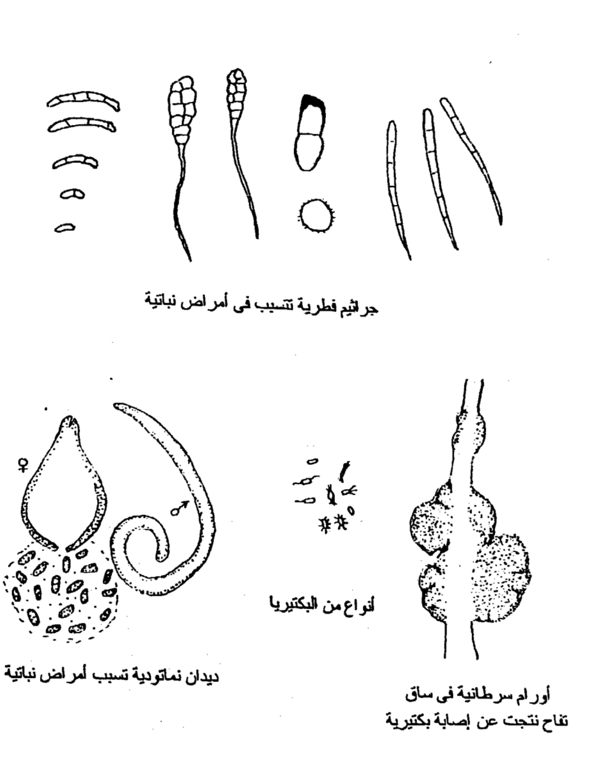


شكل 41 : دورة حياة ديدان البلهارسيا

من الأمراض الفيروسية الحديثة الظهور والتى تمثل خطورة كبيرة ، مرضى الإيدز AIDS والإيبولا ebola . وقد وصلت أعداد المصابين بفيروس HIV المسبب لمرض الإيدز سنة 1994 إلى أكثر من 25 مليون شخص على مستوى العالم ، وبمعدل إصابات جديدة لحوالى أربعة ملايين شخص سنويا ، تحدث معظمها فى جنوب شرق آسيا وفى إفريقيا. وقد قدر أن حوالى 200 ألف طفل إصيبوا بالمرض سنة 1997 خلال الرضاعة من الأم المريضة. حضانة فيروس الإيدز طويلة وقد تصل إلى عشرة سنوات ، لهذا فإنه يمكن إضافة ملايين الأشخاص المصابين ولكن لم تظهر عليهم أعراض المرض ، إلى الأعداد السابقة المعروف إصابتهم بعد إنقضاء فترة حضانة المرض.

الفيروس المسبب لمرض إيبولا فيروس قديم يصيب بعض الحيوانات ومنها الفئران منذ آلاف السنين ، ولكنه ظهر حديثا على الإنسان الأفريقى على طول نهر إيبولا بزائير سنة 1976 محدثا بالمرضى أنزفة داخلية وأخرى خارجية مع ظهور بقع جلدية زرقاء. تحدث الأنزفة الداخلية خلطات دموية فى الأوعية والشعيرات الدموية ، وتظهر الأنزفة الخارجية من خلال فتحات الفم والأنف والشرج ، وتصل الوفيات الناتجة عن المرض إلى حوالى 90 % من الإصابات.

كثيرا ما يتلوث الجو وخاصة فى المناطق الزراعية بمسببات الأمراض التى تصيب النباتات وخاصة بجراثيم الفطريات الممرضة والمسببة لأمراض الأصداء والتفحمات والبياض بنوعيه الزغبى والدقيقى وكثير من تبقعات الأوراق. وقد ثبت وجود بعض تلك الجراثيم فى الهواء الجوى على إرتفاعات كبيرة تصل إلى عشرة كيلومترات فوق مزارع قمح مصابة بأمراض الأصداء. توجد أيضا بالأوساط البيئية الهوائية والمائية والأرضية مسببات أمراض نباتية بكتيرية وفيروسية وأطوار ديدان نيماتودية وحشرات وعناكب ملوثة للبيئة ومهددة بإحداث أمراض نباتية (شكل 42).



شكل 42 : ملوثات بيولوجية تنتج عنها إصابات نباتية

التلــوث السمـــعى

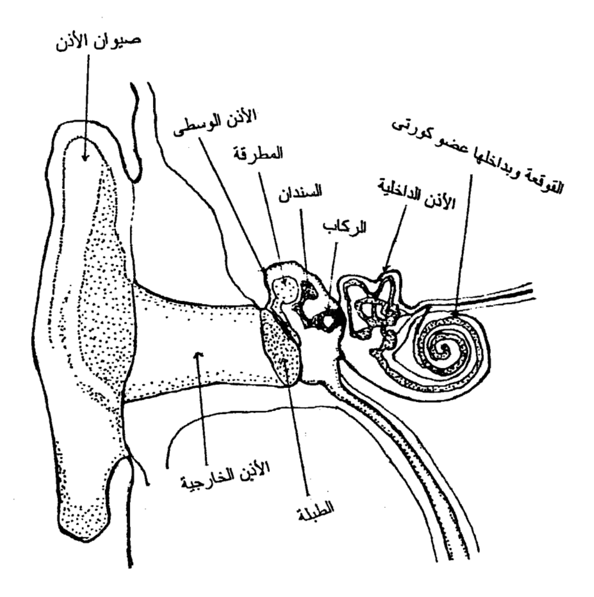
ينتقل الصوت فى الهواء بشكل موجـات متتاليـة تشبه موجات الماء عند إلقاء جسم صلب فى ماء ساكن ، تتحرك موجات الصوت فى جميع الإتجاهـات وبسرعة تقدر بـ 330 متر/ ثانية. تعـرف عدد الموجـات (الذبذبـات) التـى تتكون فـى ثانيـة واحدة بالتردد. يقاس التردد بوحدات قياس تعرف بالهرتز Hertz ويرمز لها H_z ، ووحدة التردد تعادل موجة واحدة فى الثانية. يمكن لأذن الإنسـان سماح الأصـوات ذات التردد من 20 H_z وحتـى 20000 H_z . وفـى المناقشـات العاديـة نجد أن تـردد الصوت يقع ما بين 300 H_z وحتى 4000 H_z . إرتفاع الموجـة الصوتيـة ينتـج عنـه قوة الصـوت أو شـدته ، فكلمـا إرتفعت الموجـة زادت شـدة الصـوت ، وتقـاس شـدة الصوت بوحـدة الدسيبل decibel ويرمــز لها dB وهو مقيــاس لوغاريتمى يبدأ مـن 0 dB إلى 194 dB ، وكلمـا زاد الرقـم زادت شـدة الصـوت أى زادت الضوضـاء ، ولأن هذا الرقم لوغاريتمى فإن 20 dB أقوى 100 مرة مـن 0 dB و 30 dB أقـوى 1000 مرة من 0 dB و 40 dB أقوى 10000 من 0 dB ، وهكذا.

تمر الموجات الصـوتية خلال القناة السمعية فتهتز طبلـة الأذن eardrum ، تنتقـل الموجات الصـوتية الإهتزازية خلال العظيمات الثلاث* بـالأذن الوسـطى إلـى الأذن الداخلية حيث يقوم عضـو كورتى organ of corti بتحويل هذه الموجـات الإهتزازيـة إلى نبضات عصـبية (شكل43) . تنتقل النبضات العصبية إلى المخ بواسطة العصب السمعى auditory nerve ، وينتـج عن ذلك الإحسـاس بالسـمع. أى ضـرر يحـدث لطبلة الأذن أو أى من العظيمات الثلاث أو فى عضو كورتى يؤدى إلى حدوث خلل فى السمع . يفقد السمــع أو يضعف عند تلف كل أو بعض الشعور الرقيقة لعضــو

---

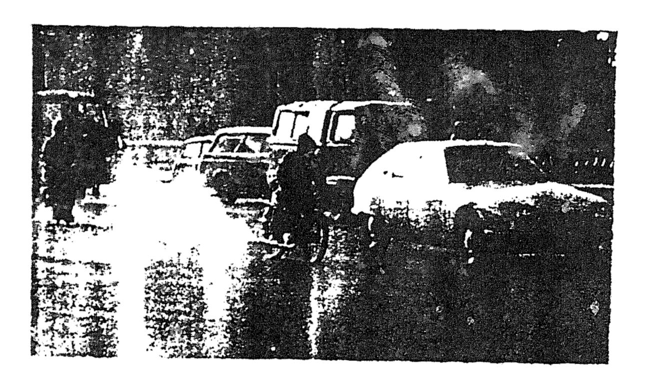
* العظيمات الثلاث هى المطرقة malleus والسندال incus والركاب stapes

كورتى ، ويحدث هذا التلف طبيعيا مع التقدم فى العمر ، أو يحـدث نتيجـة للتعـرض لأصوات شديدة الإرتفاع . يؤثر تلف الشعور الرقيقة لعضـو كورتـى علـى تحويـل الموجات الصوتية الإهتزازية إلى نبضات عصبيـة . هذا التلـف فـى خلايـا شـعور عضو كورتى يؤدى إلى أضرار غير رجعية بحاسة السمع ، ولا يفيد فيـها إسـتخدام أجهزة السمع المساعدة .



شكل 43 : التركيب الداخلى للأذن

تتعدد مصادر التلوث السمعى الناتجة عن إرتفاع شدة الصوت والضجيج الذى ينتج عن تداخل عديد من الأصوات وتزداد مصادره باستمرار نتيجة للتقدم التكنولوجى ، والتوسع فى ميكنة العمليات المنزلية ووسائل النقل المتعددة من سيارات وشاحنات ودراجات بخارية (شكل 44) وقطارات وطائرات ، وما يلازم ذلك من إستخدام آلات تنبيه عادية وأخرى تميز سيارات الحالات العاجلة من إسعاف ومطافىء وشرطة . يصل التلوث السمعى إلى أقصاه قرب المطارات الرئيسية حيث تصل شدة الصوت إلى 150 دسيبل عند إقلاع طائرة نفاثة محدثة صوتا مؤلما ضارا بالأذن. وفى داخل منازلنا نجد أن تشغيل راديو ستيريو قد يحدث صوتا تصل درجته إلى dB 120 ، ونجد أن المكنسة الكهربائية والخلاط وغسالة الأطباق قد تصل أصواتها إلى dB 85 ، وأن مجفف الشعر قد يحدث تلوثا سمعيا تصل شدته إلى dB 80 .

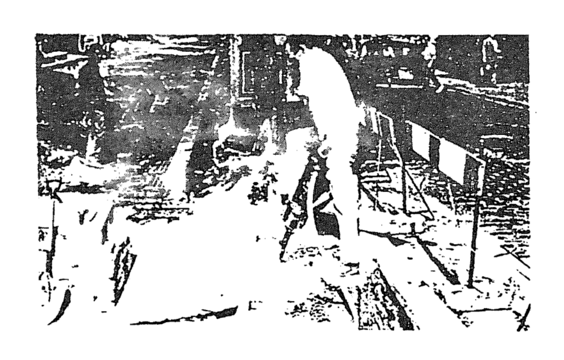


شكل 44 : دراجة بخارية تحدث تلوث سمعى مؤلم ويصحبه تلوث حرق وقود

جدول 8 : تجاوب الإنسان مع شدة الأصوات المختلفة

مصدر الصوت	شدة الصوت (dB)	تأثير الصوت على الإنسان
----------------	0	بداية السمع
حديث هامس	10	يكاد يسمع الصوت
ستوديو محطة إذاعة	30-20	هادىء جداً
حجرة معيشة ـ حجرة نوم	40	هادىء
حركة مرور خفيفة	50	هادىء
وحدة تكييف هواء(على بعد 6 م)	60	متوسط
صوت إنسان (بعد 1 متر)	70	صعوبة الحديث التليفونى
مطعم صاخب	70	صعوبة الحديث التليفونى
حركة مرور أوتوستراد	70	صعوبة الحديث التليفونى
إنذار ساعة منبهة (بعد 2 م)	80	مضايق
مجفف شعر	80	مضايق
مكنسة كهربائية	90-85	شديد المضايقة
غسالة أطباق	90-85	(يحدث ضرر سمعى عند التعريض لمدة ثمان ساعات)
خلاط	90-85	،، ،، ،،
شاحنة كبيرة (بعد 15 م)	90-85	،، ،، ،،
حركة مرور المدينة	90-85	،، ،، ،،
شاحنة قمامة	100	مزعج
مدق الخوازيق	110	مزعج جدا
آلة تكسير الأسفلت	110	مزعج جدا
آلة تنبيه سيارة (بعد 1 م)	120	أقصى مجهود صوتى
إقلاع طائرة نفاثة (بعد 60 م)	130	صوت مؤلم
دراجة بخارية	130	صوت مؤلم
قصف الرعد	130	صوت مؤلم
تشغيل طائرة نفاثة	150-140	صوت مؤلم جدا
تفجيرات	150-140	صوت مؤلم جدا

من دلك نجد أن الضوضاء هى صفة ملازمة للمدن مقارنه بالريف تزداد مع المدنية وتقل مع البدائية تزداد مع إستخدام مستحدثات التكنولوجيا وتقل مع الحياة الفطرية البسيطة تزداد مع التصنيع وتقل مع الفلاحة ، ففى المساكن المطلة على شوارع ذات حركة نقل كثيفة بالمدن يتراوح معدل الضوضاء ما بين 70 إلى 90 دسيبل ، وقد تزيد عن ذلك فى ساعات الذروة ، وقد وصلت الضوضاء فى بعض مناطق القاهرة إلى 95 dB ، بينما فى المساكن الريفية الهادئة نجد أن شدة الصوت تتراوح بين 0 dB و 40 dB فى معظم دول العالم المتقدم تعتبر أقصى شدة للصوت مسموح بها هو 80 إلى 90 دسيبل ، ولمدة لا تزيد عن ثمان ساعات يوميا. وعموما فإن التعرض المستمر لأصوات تزيد شدتها عن 70 dB تضر بالأذن، ويزداد الضرر كلما زادت شدة الصوت وكلما زاد زمن التعريض ، ويظهر ذلك على العاملين على أجهزة تصدر أصواتا مرتفعة كما فى حالة عمال تكسير الأسفلت (شكل45) .



شكل 45 عامل يقوم بتكسير الأسفلت مستخدما آلة تحدث صوتا مرعجا جدا

يختلف التلوث السمعى عن غيره من الملوثات فى أن أثره المباشر يزول لحظة توقفه ، بمعنى أنه بمجرد أن يتوقف الصوت المرتفع يعود الهدوء ، كما أن الإحساس بالضوضاء يحدث ثانية بمجرد عودة الصوت المسبب للإزعاج. كذلك فإن تأثير التلوث السمعى هو تأثير محلى لا يتعدى أثره مجال سماعه ، فالساكن فوق ورشة سمكرة سيارات يقاسى من الإزعاج الصوتى ، أما البعيد عن الورشة فلا يتأثر بأصواتها.

أثبتت الدراسات العلمية وجود إرتباط قوى بين التلوث السمعى وإنتشار بعض الأمراض وخاصة الأمراض المتعلقة بالجهاز السمعى والجهاز العصبى والجهاز الهضمى والجهاز التنفسى.

يضار الجهاز السمعى بالضوضاء ، ويبدأ ذلك فى القدرة السمعية ، تتدرج بظهور صعوبة فى القدرة على متابعة وتفهم المناقشات العادية ، حتى تصل إلى الفقدان الكلى للقدرة على السمع أو الطرش الكامل. ويبدأ أثر الضوضاء على الشخص بفقد قدرته على سماع الأصوات ذات التردد العالى ، ولمعرفة ذلك تختبر القدرة على سماع أصوات فى نطاق تردد 4000 H_z والتى تشمل صوت دقات المنبه أو رنين تليفون. كما تختبر القدرة على تمييز الحرفين س (S) و ش (Sh) ، والحرفين ب (P) و م (M) ، والحروف ت (T) و ف (F) و ث (Th) ، والحرفين ب (P) و ڤ (V) ، وهؤلاء الأشخاص يصعب عليهم وضوح الصوت وليست شدته. مثل هؤلاء الأشخاص قد يقاسون من ألم حاد فى الأذن عند تعرضهم لصوت شديد الإرتفاع .

وجد أن العاملين المعرضين فى أعمالهم لأصوات مرتفعة تزداد بينهم أمراض السمع بحوالى 18 مرة عن غيرهم ، كما تقل بينهم القدرة على التركيز والإنتباه والقيام بأعمال ذهنية ، كما تزيد بينهم حالات الإصابة بالقرح خمس مرات عن غيرهم ، وتزداد حالات إرتفاع ضغط الدم بينهم بحوال 1.4 مرة. وعموما فإن

الضوضاء العالية والتى تحدث فجأة يتسبب عنها زيادة فى ضربات القلب وفى سرعة التنفس وفى إرتفاع ضغط الدم وفى حدوث إنقباض فى الشرايين وفى الشعيرات الدموية وفى زيادة نسبة الكولسترول بالدم. لا تقتصر أضرار الضوضاء على حدوث أمراض جسدية ، بل قد تتسبب بجانب ذلك فى حدوث أضرار نفسية تظهر فى حدوث صداع وآلام بالرأس وفقدان للشهية وأحلام مزعجة .

أثبتت الدراسات الحديثة أن أضرار الأصوات المرتفعة تظهر أيضا على الأجنة داخل الأرحام ، حيث تزداد ضربات قلوبهم ، كما يزداد رفسهم فى بطون أمهاتهم. وفى دراسة باليابان وجد أن الحوامل الذين يعيشون فى بيئة ذات ضوضاء مرتفعة يكون مواليدهم أقل وزنا من الذين يعيشون فى بيئات هادئة ، ويعلل ذلك بأن الضوضاء تؤثر على بعض الهرمونات أو قد تسبب إنقباض فى الأوعية الدموية الواصلة إلى الأجنة.

فى ضوء ما سبق تتضح لنا الأضرار الجسيمة التى تنتج عن الضوضاء مما أصبح معه من الضرورى العمل على الإقلال من شدة الأصوات المنبعثة من مصادرها أو البعد عن مصادر تلك الأصوات وذلك بإتباع ما يلى :

1 - تحديد الحد الأقصى لمستويات أصوات التنبيه فى السيارات ، وتحاشى إستخدامها إلا عند الضرورة ، فيمنع إستخدامها فى مواكب الأفراح أو للنداء على أشخاص ، أو أثناء الوقوف فى إشارات المرور ، وفى المناطق السكنية أو حيث توجد المدارس والمستشفيات .

2 - المنع البات لإستخدام الميكروفونات فى الأفراح والمآتم إلا فى حدود أسماع الحاضرين ، وعدم تجاوز الصوت إلى خارج أماكن التجمع .

3 - منع رفع أصوات المذياع أو التليفزيون أو الكاسيتات سواء فى المنازل أو النوادى أو المقاهى أو المتاجر أو السيارات ، على أن لا يتجاوز الصوت أسماع المكان المذاع فيه.

4 - إنشاء المطارات بعيدة عن الأماكن السكنية بعداً كافياً ، ولا يسمح ببناء مساكن بعد ذلك فى حرم المطارات .

5 - يّراعى عند إنشاء المستشفيات والمدارس بعدها عن الطرق العامة وحركة النقل السريع .

6 - يراعى تخصيص أماكن أو أحياء خاصة للورش والمصانع تكون بعيدة عن الأماكن السكنية .

7 - التوسع فى زراعة الأشجار بالمدن بإعتبارها وسيلة لإمتصاص الصوت وتقليل حدة الضوضاء .

8 - عند الضرورة وحين يكون الهدوء التام متطلباً تبطن الحجرات بعوازل للصوت.

التــلوث الحــرارى

يقصد بالتلوث الحرارى التغييرات الحرارية الواضحة غير الطبيعية التى تحدث فى الأوساط البيئية وتكون ضارة بالأحياء ، ونتيجة للتدخلات الإنسانية .

يحدث تلوث حرارى للمياه ، عند إستخدامها للتبريد فى محطات القوى الكهربائية وخاصة فى حالة المفاعلات النووية والتى تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه لتبريد المفاعلات. تؤخذ مياه التبريد من مصدر مياه طبيعى ، تؤخذ منه باردة، ثم تعاد المياه إلى المصدر ثانية وهى فى حالة ساخنة قد تقارب فى حرارتها درجة غليان الماء. كثيراً ما تؤثر حرارة الماء المرتفعة التى تصيب فى مجرى الماء ، تأثيراً ضاراً على الكائنات الحية المختلفة الموجودة فى الماء ، ويظهر الأثر واضحاً إذا كان مصدر الماء محدود وغير متجدد ، كما فى حالة صب الماء فى بخيرة ، حيث أن تكرار أخذ الماء وإعادته بعد تسخينه يتسبب بعد فترة فى التسخين العام لماء البحيرة. قد يؤدى تسخين الماء إلى إحداث تغييرات فى طبيعة التوازن البيئى بين أحياء الوسط المائى ، فتسود كائنات محبة للحرارة على حساب كائنات البيئة الطبيعية الأصلية.

من المعروف أن الماء كلما إرتفعت درجة حرارته كلما قلت قدرته على الإحتفاظ بالأكسوجين الذائب ، أى أن تسخين الماء يتسبب فى قلة محتواه من الأكسوجين الذائب ، مما يضر بالنشاط الحيوى لأحياء الماء التى تحتاج إلى الأكسوجين لتنفسها .

ينصح لإقلال أضرار التلوث الحرارى فى المياه ، بعدم صب الماء الساخن مباشرة على سطح الماء ، بل أن يصب الماء فى الأعماق حيث تكون حرارة الماء العميق أكثر برودة من المياه السطحية فتقل أضرار التغيير الحرارى ، كما أن صب الماء الساخن فى الأعماق سوف يساعد على عملية تقليب الماء ، إذ أن الماء الساخن

سيرتفع إلى أعلى ويحل محله مياه السطح الباردة ، وبذلك تقل التغييرات الحرارية ، كما أن التقليب يساعد على توزيع مغذيات الماء .

يحدث تلوث حرارى للهواء الجوى فى داخل المدن ، وخاصة فى الشوارع التجارية فى الجو الحار حيث يكثر إستخدام أجهزة التكييف داخل المحال التجارية والمكاتب. تقوم أجهزة التكييف بتحسين الجو داخل المحلات والمكاتب ، وفى نفس الوقت تدفع بالهواء الساخن إلى الخارج حيث ترتفع حرارة الجو فى الشارع ... فبينما يتمتع المقيم داخل المكان المغلق بجو يميل للبرودة نجد أن الموجود خارج تلك الأماكن المكيفة يقاسى من زيادة إرتفاع حرارة جو الطريق زيادة عن المعدل العام .

يضاف إلى كل ما سبق ، التلوث الحرارى العام الناتج عن بث غاز ثانى أكسيد الكربون وغيره من غازات التأثير الصوبى على التسخين الشامل لجو الأرض والآثار الخطيرة التى يتنبأ بها بعض العلماء نتيجة للإرتفاع المتوقع فى حرارة الكرة الأرضية والتى شملها الحديث السابق عن التأثير الصوبى.

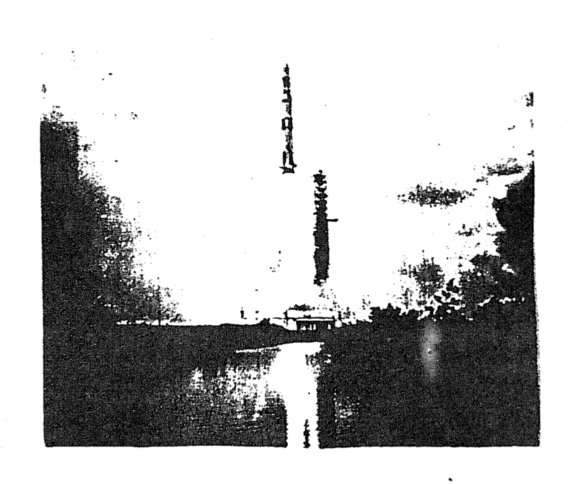
تلــــوث الفضـــــاء الخـــــارجى

لم يعد أمر التلوث قاصراً على بيئة الأرض بأوساطها الثلاثة ؛ اليابسة والماء والهواء ، بل إن التلوث إمتد فى السنوات الأخيرة إلى خارج حدود الأرض ... إمتد إلى الفضاء الخارجى ، ويرجع الفضل فى ذلك إلى الإنسان وتكنولوجيته الحديثة !!، فكثير من دول العالم تتسابق فى تجاربها فى الفضاء وفى الإستفادة من وجودها فى بعض أماكن فيه. ترسل كثير من الدول بسفن فضائية وأقمار صناعية وتقيم محطات فضائية ، حيث تتخذ لكل منها مداراً حول الكرة الأرضية أو تواصل سيرها نحو كوكب آخر فى الفضاء ، مستعينة فى ذلك بالصواريخ التى تدفعها بقوة ومخترقة الغلاف الجوى بطبقاته المختلفة حتى تصل إلى الفضاء بعيدا عن قوة جذب الأرض (شكل 46). الصواريخ التى تقوم بعملية الإطلاق لا تعود ثانية سليمة كما كانت ، بل تتفجر عادة إلى شظايا عديدة ، فإذا كان الإنفجار داخل الغلاف الجوى عادت شظاياها إلى الأرض ، وإذا حدث ذلك بعد تخطيها حدود الأرض إتخذت لها مدارات حول الأرض . والأقمار الصناعية وسفن الفضاء التى تتلف أو تنتهى الأهداف التى أرسلت من أجلها لا تعود عادة. كل تلك المخلفات تسبح فى الفضاء متخذة لها مدارات ، وبذلك أصبح الفضاء ، بفعل الإنسان ، ملوثا ، وأصبحت الأقمار والسفن العاملة والتالفة وشظايا الصواريخ وغيرها من مخلفات السفن والأقمار والمحطات عرضة للتصادم أو السقوط والعودة ثانية إلى الأرض . تدور معظم المخلفات الفضائية ، والتى تقدر حاليا بما يزيد عن عشرة آلاف جسم تسبح فى الفضاء على إرتفاعات تتراوح ما بين 500 إلى 2000 كيلومتر من سطح الأرض.

تظهر الخطورة من بعض الأقمار الصناعية التى تعمل بطاقات ذرية أو نووية وتدور على مدارات قريبة نسبيا من الأرض. وقد إتضح ذلك الخطر عندما تحطم قمر سوفيتى فى شهر ديسمبر عام 1988 على إرتفاع 260 كيلومترا فوق المحيط الهندى ، وقد سبق ذلك بعشر سنوات أن سقط قمر صناعى آخر وسقط فوق كندا.

يمثل كلا السقوطين وما يتوقع من أمثالهما فى المستقبل تهديدا إشعاعيا مستمرا لسكان الأرض .

وهكذا لوثنا الأرض ترابها ومائها وهوائها ، وواصلنا التلويث فى الغلاف الجوى حتى تخطيناه ، فوصل الإنسان بجبروته إلى الفضاء الخارجى فتركنا بصمتنا قوية واضحة فى الفضاء ... أجسام تدور بعضها محمل بوقود مشع ونحن فى الأرض مهددون فى أى وقت بسقوط أى من هذه الأجسام علينا .



شكل 46 : إطلاق الصواريخ تساهم فى تلوث الفضاء

الجزء الخامس

الملوثات

الملوثات المعدنية والكيميائية

إرتبطت النشاطات الإنسانية فى مختلف المجالات ، زراعية وصحية وتجارية وصناعية ، بتداول وإنطلاق وتسرب العديد من المركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية فى الأوساط البيئية المختلفة ، جوية ومائية وأرضية ، والإستخدام لكثير من المعادن ، وقد وصلت أنواع المواد الموجودة فى البيئة ، فى صور مختلفة ، غازية وسائلة وصلبة إلى ما يقرب من مائة ألف مادة مختلفة ، 10 % منها فقط آمنة والباقى الذى يقدر بحوالى 90 % يمثل خطورة على أحياء الأرض . أعداد المواد المنتشرة فى تزايد مستمر حيث تعمل المعامل الكيميائية بإستمرار فى تخليق مركبات جديدة معظمها ملوث لبيئة الأرض ، وتظهر هذه المركبات من مصانع الأدوية بحثا عن علاجات مستجدة للأمراض الإنسانية والبيطرية وفى مصانع المبيدات بحثا عن مبيدات واقية أو علاجية للنباتات ، وتظهر هذه المركبات فى مراكز البحث العلمى للجامعات والوزارات والمصانع المختلفة . وأثناء البحث عن مركبات جديدة بأغراض معينة تنتج مركبات أخرى غير مطلوبة ، وهكذا تزداد بإستمرار أعداد المركبات الموجودة ببيئة الأرض . ويزداد التعرض لأخطار بعضها عاماً بعد آخر.

تدخل كثير من هذه المركبات إلى منازلنا ونستخدمها فى أغراض مختلفة تشمل عمليات النظافة والتطهير والتعطير والتجميل ، كما يدخل البعض منها فى ما نستخدمه من وقود ومبيدات ومنظفات صناعية وورنيشات وشموع ، كما تدخل بعض المركبات فى تركيب الدهانات ومواد البناء والتشطيبات وصناعة الأثاث . وفى دراسة بالولايات المتحدة الأمريكية وجد أن حوالى 12 مادة عضوية خطيرة ومسرطنة توجد داخل المنازل وبدرجة تزيد من ضعف إلى خمسة أضعاف وجودها خارج المنازل ، ومن أكثرها وجودا البنزين وبيركلوروأيثيلين وباراديكلوروبنزين . بعض المواد الضارة تضاف إلى الأغذية المسوقة بأغراض مختلفة قد تكون لإطالة مدة حفظها أو لإعطاء لون مرغوب أو نكهة خاصة أو رائحة خاصة أو لإعطاء

مذاق حلو بدلاً من السكريات . ومن المـواد التـى شـاع إضافتـها نـتريت الصوديـوم ونترات الصوديوم ونترات البوتاسيوم وجلوتامات الصوديـوم sodium glutamate، كما تعطى هرمونات للدواجن والمواشى لزيادة وزنها ومضادات حيويـة للحيوانـات لوقايتها ضد الأمراض .

إجتاحت الثورة الكيميائية العـالم بسـرعة رهيبـة ، ففـى عـام 1930 كـان الإنتـاج السنوى العالمى للمواد الكيميائية العضوية حوالى مليون طن ، إرتفع عام 1950 إلـى حوالى 7 مليون طن ، ثم وصل عام 1970 إلى حوالى 63 مليون طـن ، ثم زاد عـام 1990 إلى حوالى 500 مليون طن .

يختلـف تـأثير المركبـات المختلفـة والملوثـة للبيئـة حسـب نوعيـة المـادة الملوثـة وتركيزاتها وزمن التعريض لها ، وعمومـا فـإن آثـار الملوثـات كثـيرة منـها التسـمم المعدنى والأضرار بالجـهاز الـهضمى والجـهاز العصبـى والجـهاز التنفسـى والكبـد والكلى وحساسية الجلد ، ومنها الإصابة بالأمراض السرطانية وحدوث تشوه للأجنة وضعـف الجـهاز المنـاعى . وقـد عـرف حوالـى 300 إلـى 350 ملـوث كمسـببات لأمراض سرطانية مهنية تشمل مـواد كيميائيـة منـها البـنزين والكـروم والأسبستس والنتروأمينـات . وقـد وجـد فـى دول الإتحـاد الأوربـى حوالـى 16 مليـون شـخص معرضين فى عملهم لعوامل مسرطنة تنتج عنها أمـراض سـرطانات الرئـة والمثانـة والجلد والكبد والعظام وغيرها . كذلك فإن المهنيين يتعرضون أثناء عملهم لعوامل مسببة للحساسية allergic agenlts تصل إلـى أجسـامهم خـلال أجهزتـهم التنفسـية أو عن طريق جلودهم وقد قدرت بحوالى 3000 عامل مسبب .

وقد جاء ذكر العديد من المواد الملوثة خلال أحاديثنا السابقة عـن التلـوث البيئـى وفيما يلى تتمة الحديث عن بعض الملوثات التى لم تذكر تفاصيلها أو بعض ما تسببه من أضرار لم يسبق ذكرها .

الغبار والدخان

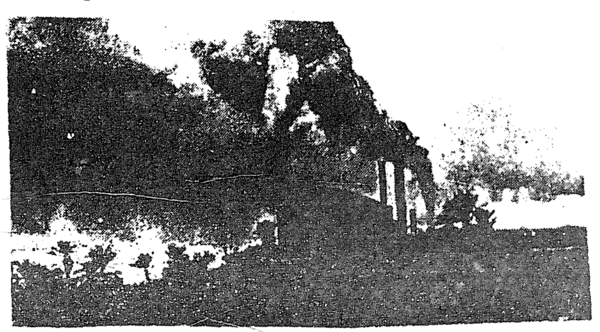
يقصد بالغبار dust المواد الصلبة العالقة بالهواء وتزيد فى أقطارها عن ميكرون واحد ، ويقسم الغبار إلى غبار كبير وهو ما تزيد أقطاره عن عشرة ميكرونات ، وغبار دقيق وهو ما تقع أقطاره ما بين 1 إلى 10 ميكرون . الدخان smoke هو المواد الصلبة العالقة التى تقل فى أقطارها عن ميكرون واحد .

يزداد تواجد الغبار والدخان بالجو أثناء هبوب الرياح الشديدة الجافة ، وحدوث العواصف والأعاصير وخاصة القادمة من مناطق ترابية أو رملية . تكثر الرياح الموسمية الحاملة للأتربة والرمال فى البلاد الجافة والحارة ، من ذلك رياح الخماسين التى تهب على مصر على فترات خلال شهرى إبريل ومايو ، ورياح الهبوب فى السودان والتى تكثر فى أشهر الربيع وأوائل الصيف ، والرياح المعروفة بالطوز فى دول الخليج العربى والتى تكثر فى أشهر الصيف وكثيراً ما تتسبب فى تحريك كثبان الرمال والتى قد تزحف على الواحات وتردم فى طريقها بعض الأراضى الزراعية وتضر بالمساكن وقد تردم آبار المياه .

فى المدن الصناعية تحمل المداخن عوادم المصانع إلى الهواء الجوى (شكل 47) ، وكمثال على ذلك نجد أنه لإنتاج مليون طن من الصلب steel سنوياً، فإن المصنع المنتج يبث يومياً بالجو عوادم تحتوى على 350 طن غبار وحوالى 200 طن ثانى أكسيد الكبريت وحوالى 400 طن أول أكسيد كربون. وفى المدن المزدحمة بالسيارات والشاحنات (شكل 48) ، حيث تضعف حركة المرور ، يكون إحتراق وقود المركبات غير كامل ويكثر بث مواد كربونية وهيدروكربونية فى الجو فى صورة غبار وأدخنة.

عموماً فإن الغبار والأدخنة العالقة بالجو تتكون من حبيبات التربة الدقيقة وجسيمات كربون غير محترقة ومركبات أخرى مختلفة كغبار الأسمنت والأسبستس والفوسفات ، كما يحتوى على بعض العناصر الثقيلة كالرصاص والكادميوم والنيكل والكروم ، وتعتبر إطارات السيارات مصدر كبير من مصادر الغبار فى الطرقات وذلك لتطاير جسيمات منها مع إحتكاكها بأرضية الطرق . كما يشتمل الغبار على مواد حية كحبوب لقاح أزهار (شكل2) وجراثيم فطريات . تظل الجسيمات المكونة للغبار والدخان عالقة فى الجو لأزمنة تختلف وفقاً لأحجامها وكثافة مادتها وإرتفاعها فى الجو، وتهبط تدريجياً بفعل الجاذبية الأرضية أو بتساقط الأمطار أو الثلوج .

زيادة معدلات الأتربة والدخان فى الجو تتسبب فى إنخفاض شدة الضوء وبالتالى تقلل من مسافة الرؤية ، وهذا يؤدى إلى زيادة حوادث الطرق . كما أن زيادة الدخان بالجو مع إرتفاع رطوبة الجو يتسبب فى ظهور الضباب الدخانى المعروف بالضبخن smog ، حيث تتكون سحابة سوداء فى مستوى سطح الأرض.



شكل 47 : تحمل المداخن عوادم المصانع إلى الهواء الجوى

يضر الغبار والدخان بصحة الإنسان ، ويتوقف الضرر الحادث على كثافتهما ، وعلى محتواهما الكيماوى والطبيعى . فكثافة الغبار والدخان وتكوين الضبخن ينتج عنه صعوبة الرؤية ، وهذا يؤدى إلى إرتفاع فى حوادث الطرق ، كما ينتج عن ذلك إرتفاع معدلات قذارة المبانى والتماثيل والملابس ، إضافة إلى عمليات التآكل بفعل بعض الكيماويات المحمولة على جسيمات الغبار والدخان ، والنحر بفعل الرياح المحدثة لذلك أو الناتجة عنها .

تنتج أمراض عديدة عن إستنشاق الهواء المحمل بالغبار والدخان تبدأ من حدوث تهيج فى العيون وبالتهابات فى الأنف والحلق وأمراض تنفسية قد تكون غير ميكروبية أو ميكروبية ، متوقفة على ما تحمله جسيمات الغبار ، كما قد تتسبب فى إضعاف لمناعة الجسم ضد العدوى بالميكروبات. وجود حبوب اللقاح عالقاً بالجو (شكل2) والتى يكثر وجودها فى موسم التزهير خلال الربيع عادة يتسبب عنها أمراض الحساسية ومنها الربو asthma .



شكل 48 : ضعف حركة المرور وإزدحام الطرقات بالسيارات والشاحنات ينتج عنه عوادم وقود غير تام الإحتراق

وحمى القش hay fever . ووجود غبار الأسمنت يتسبب فى إصابة العاملين بتلك المصانع والأهالى المقيمين قريباً منها بتكلس الرئة . ووجود غبار الأسبستس فى الجو كثيراً ما يكون سبباً فى حدوث إصابات بالسرطان للمعرضين له بكثرة . وإحتواء الهواء الجوى على معادن ثقيلة ومواد هيدروكربونية وغيرها من المركبات ينتج عنه أضرار تختلف حسب المحتوى الكيماوى لمكونات الغبار والدخان.

وقد ثبت أن التعرض المستمر للغبار المنزلى والذى قد يحتوى على مخلفات بعض الحشرات المنزلية وجراثيم فطريات ودخان إشعال سجائر ونواتج حرق وقود وشعور حيوانات أليفة من قطط وكلاب وغير أليفة كالفئران (شكل40) يساعد على ظهور أعراض مرض الربو الشعبى وما يصاحبه من ضيق تنفس وسعال ، خاصة بين الأطفال .

للغبار والدخان تأثير ضار على المزروعات ، ذلك أن ترسيب جسيماتهما على سطوح أوراق النباتات يقلل من وصول الضوء إلى أنسجة الأوراق وبالتالى يقلل من كفاءة الأوراق فى القيام بعملية التمثيل الضوئى ، فيضعف نمو النباتات ويبهت لونها ويقل محصولها ، إضافة إلى ما تعانيه من أضرار كيميائية تنتج عن الملوثات الأخرى المصاحبة لجسيمات الغبار والدخان . كذلك فإن شدة الرياح المحملة بالأتربة تحدث جروحا بأنسجة النبات الخارجية مما يعرضها لسهولة الإصابة ببعض الأمراض النباتية التى تحدث إصاباتها من خلال الجروح . ومن المعروف أن المزروعات النامية قريبا من الطرق السريعة تكون ملوثة بغبار وعوادم السيارات بما تحمله من مواد ضارة بصحة الإنسان .

ومن أكبر التلوثات الدخانية والتى يحدثها الإنسان ، ما تم قبيل نهاية حرب تحرير الكويت فى فبراير عام 1991 من إشعال متعمد لحوالى 700 بئر بترولى، إستغرق إخماد نيرانها ما يقرب من تسعة أشهر ، وقد صحب ذلك تسخين شديد للجو

وتكون سحب كثيفة من دخان أسود ، إحتوت على جسيمات كربون ومواد هيدروكربونية غير تامة الإحتراق . حجبت سحب الدخان الكثيفة حوالى 70 % من أشعة الشمس ونتج عنها حدوث إعصار مدمر تحرك شرقا إلى باكستان وإيران وبنجلادش .

للإقلال مما يحمله الهواء الجوى من جسيمات غبار ودخان وللوقاية منها يمكن إتباع ما يأتى :

1 - الإهتمام بالتشجير فى داخل المدن وإقامة مصدات نباتية للرياح حولها ، خاصة إذا كانت المدن فى مناطق جافة ترابية أو رملية ، وذلك للحد من سرعة الرياح وترسيب بعض ما يحمله الهواء من جسيمات ، مما سيؤدى إلى إقلال معدل الجسيمات المحملة بالهواء . يراعى فى الأشجار التى تقام كمصدات للرياح حول المدن والقرى أن تكون ذات إرتفاعات كبيرة مثل أشجار الكازورينا والسرو والأثل والكافور ، على أن تقام فى عدة صفوف تتبادل فيها الأشجار ، وقد تقام مثل هذه المصدات حول المزارع الكبيرة وقد نجحت زراعة هذه المصدات فى منع زحف الرمال على الواحات ، كما نفذ ذلك بنجاح فى واحة الإحساء بشرق السعودية . وفى داخل المدن تختار الأشجار التى تتسم بالجمال مثل أشجار البوانسيانا والجكراندا والنيم وأنواع الفيكس والكاسيا والنخيل . ومن أشجار الشوارع الجميلة والتى تساعد على تنقية الجو شجرة شعر العذراء *Ginkgo biloba* والتى تزرع بكثرة فى مدن اليابان والصين وإنتشرت حاليا زراعتها فى شوارع المدن الأوربية . إستخدم الأطباء الصينيون مستخلص أوراق هذا النبات فى علاج مشاكل صدرية وحالات سلس البول والبراز . وقد إهتم الغرب حاليا بهذا النبات من الناحية الطبية فوجد أن أوراقه غنية بالفلافونات flavonoids المعروفة كمضادات للأكسدة، وأنها تحسن الدورة الدموية من خلال إقلالها للزوجة الدم ، كذلك فقد أفادت مستخلصات النبات فى علاج الخبل الذى ينتج عن الإصابة بمرض الزهيمر alzheimer وحاليا ظهرت بالأسواق أقراص مستخلصات لهذا النبات.

2 - بالنسبة للأدخنة الناتجة عن المصانع ، فيجب مراعاة إقامة تلك المصانع بعيدا عن المناطق السكنية مع مراعاة إتجاه الرياح بالنسبة للمناطق السكنية القريبة بحيث لا تكون الرياح السائدة والقادمة من المصانع متجهة ناحية المناطق السكنية. كما يراعى فى تصميم تلك المصانع إقامة مرشحات تعمل على فصل الغبار والدخان والغازات الضارة قبل إنطلاق العوادم عبر المداخن ووسائل الصرف الأخرى .

3 - بالنسبة للعاملين بمصانع تنتج غبار وأدخنة ، كما فى صناعات الأسمنت والأسبستس وأعمال الهدم فينصح بلبس قناع مرشح للأتربة يغطى الأنف والفم .

الكربون ومركباته

الكربون (C) عنصر رباعى التكافؤ ، واسع الأنتشار فى الطبيعة ، فهو يكون 0.032 % من قشرة الأرض ، كما يوجد حرا فى ترسيبات واسعة فى صورة فحم . يوجد الكربون نقيا فى الطبيعة فى صورة جرافيت graphite وفى صورة الماس diamonds ، كما يوجد بالجو فى صورة غازات ثانى أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون والميثان. الوزن الذرى للكربون 12 ورقمه الذرى 6 ، أما كثافة الكربون فتختلف من 2.25 فى حالة الجرافيت إلى 3.51 فى حالة الماس .

الكربون عنصر أساسى فى تركيب كافة المركبات العضوية ، وفى بعض المركبات غير العضوية ، وتفوق أعداد مركباته كافة المركبات الأخرى المتكونة من العناصر الأخرى ، فالكربون يدخل فى تركيب الآلاف من المركبات العضوية المعروفة ، وهو مكون أساسى فى تركيب كافة أنواع الوقود الحفرى وغير الحفرى ذات الأصل النباتى أو الحيوانى.

لا يذوب الكربون فى الماء ولا فى الأحماض والقواعد المخففة والمذيبات العضوية . يتفاعل الكربون مع العوامل المؤكسدة الساخنة مثل حمض النتريك ونترات البوتاسيوم وينتج عن ذلك حمض ملليتيك melliticacid ، كما يكون مع الأكسوجين ثلاثة أكاسيد هى أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون وتحت أكسيد الكربون carbon suboxide (C_3O_2) ، والأخير نادر الوجود فى الطبيعة .

يكون الكربون مع الأيدروجين غازات الميثان (CH_4) والإيثان (C_2H_6) والبروبان (C_3H_8) والبوتان (C_4H_{10}) والعديد من المركبات الهيدروكربونية الأليفاتية ، أى ذات السلسلة المفتوحة والحلقية ومنها البنزين (C_6H_6) .

أول أكسيد الكربون

أول أكسيد الكربون (CO) ، غاز عديم اللون والطعم والرائحة شديد السمية، وينتج عند الإحتراق غير التام للوقود الحفرى النافد أو الوقود غير الحفرى المتجدد .
يحضر الغاز معمليا بتفاعل حمض الفورميك (HCOOH) مع حمض الكبريتيك (H_2SO_4) .

$$HCOOH + H_2SO_4 \longrightarrow CO + H_2SO_4 . H_2O$$

كما يحضر بالتحليل الحرارى لكربونيل النيكل ($Ni(CO)_4$) على حرارة 200 °م .

$$Ni(CO)_4 \longrightarrow Ni + 4\,CO$$

ترجع سمية غاز أول أكسيد الكربون إلى قابليته الشديدة للتفاعل مع هيموجلوبين الدم مكونا كربوكسى ه جلوبين carboxyhaemoglobin عند وصوله إلى الشعيرات الدموية للرئة خلال عملية الشهيق ، ويؤدى ذلك إلى قلة كفاءة هيموجلوبين الدم على نقل الأكسوجين ، مؤديا إلى نقص فى كفاءة الرئة التنفسية ، خاصة أن مركب كربوكسى هيموجلوبين يصعب علية التخلص من حمولته من أول أكسيد الكربون .

الحد الأقصى لغاز أول أكسيد الكربون المسموح بالتعرض له فى الجو هو 35 جزء فى المليون ولمدة ساعة واحدة يوميا ، وكلما زادت نسبة وجوده فى الدم أو زادت مدة التعرض له زادت الخطورة منه وخاصة بالنسبة لمن يعانون من أمراض الصدر أو القلب .

وبوجه عام فإن إتحاد أول أكسيد الكربون مع بروتينات الدم يؤثر بالضرر على وظائف الدم والقلب والمخ وتكشف الأجنة ، كما تسبب فى حدوث تأثيرات عصبية ومنها ضعف القدرة على التركيز .

إذا وصل تركيز غاز أول أكسيد الكربون بالجو إلى 80 جزء فى المليون وتعرض له شخص لمدة ثمان ساعات فإن كفاءة الدم لنقل الأكسوجين تقل بنسبة 15% . وإذا زاد التركيز بالجو إلى 500 جزء فى المليون وتعرض له شخص لمدة ساعة واحدة أدى ذلك إلى تحول حوالى 20 % من هيموجلوبين الدم إلى كربوكسى هيموجلوبين مسببا حدوث صداع خفيف ، لكن إطالة مدة التعريض يؤدى إلى إرتفاع آخر فى نسبة الكربوكسى هيموجلوبين ، فإذا وصلت نسبته إلى 50 % قلت الكفاءة التنفسية كثيرا وظهرت أعراض ذلك فى صورة زيادة فى سرعة التنفس مع صداع وغثيان وسوء تقدير للأمور مع قلة الإحساس بالأطراف والترنح فى المشى ، وقد يؤدى ذلك إلى حدوث إغماء مصحوبا بتلون للشفاه بلون أزرق أو أحمر . إرتفاع نسبة الغاز إلى 1000 جزء فى المليون يمثل خطورة كبيرة. وإذا وصلت نسبة الغاز بالجو إلى 1350 جزء فى المليون فإن ذلك يتسبب فى الوفاة خلال نصف ساعة.

التعرض المستمر لغاز أول أكسيد الكربون يؤدى إلى حدوث تسمم مزمن بهذا الغاز حيث يتحول حوالى 5 % من هيموجلوبين الدم بصفة مستمرة إلى كربوكسى هيموجلوبين ، وتظهر أعراض التسمم المزمن فى صورة ضعف عام وصداع ودوار وغثيان ، ويظهر ذلك عادة على المدخنين .

يعتبر عادم السيارات أهم مصادر تلوث الجو بغاز أول أكسيد الكربون فى المدن وخاصة عندما يكون إحتراق البترول غير كامل ، ويحدث ذلك عند بدء التشغيل صباحا أو عند بطء حركة المرور فى حالات الإزدحام المرورى (شكل 48) . ومما سبق تتضح الخطورة التى تنتج عن إطالة مدة تشغيل السيارة داخل جراج صغير سيئ التهوية .

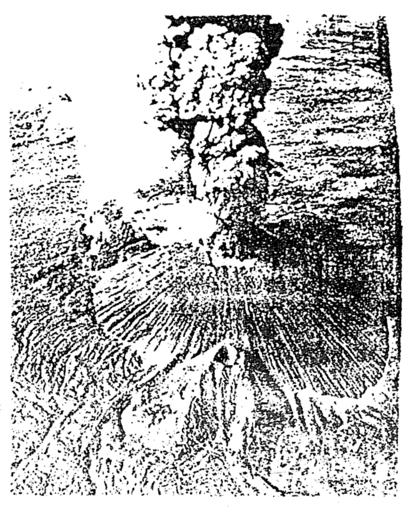
يختلف الأشخاص فى مدى حساسيتهم لتلوث الجو بغاز أول أكسيد الكربون، وما ينتج عنه من عوز أكسوجينى ، فأكثر الأشخاص حساسية لذلك الأجنة ، يليهم الأطفال حديثى الولادة ، ثم الحوامل ثم مرضى الكبد فالمصابون بالأنيميا وكبار السن ومرضى القلب والصدر .

يتحد أول أكسيد الكربون مع كثير من العناصر ، فيكون مع الكلور فى ضوء الشمس غاز أشد سمية منه هو غاز الفوسجين phosgen ($COCl_2$) . إستخدم الفوسجين فى الحروب كغاز سام . كذلك فإن أول أكسيد الكربون يتفاعل مع الكبريت مكوناً كبريتيد الكربونيل carbonyl sulphide .

ثانى أكسيد الكربون

ثانى أكسيد الكربون (CO_2) غاز غير سام عديم اللون والطعم والرائحة ، ولا يعتبر من الملوثات ، بل بالعكس من ذلك فإنه يعتبر من الغازات الضرورية اللازمة لإستمرار حياة الكائنات الحية ، حيث أنه مكون أساسى للمادة العضوية عندما يتفاعل مع الماء فى أنسجة النباتات وفى وجود مادة الكلوروفيل وضوء الشمس . ينتج هذا الغاز طبيعياً أثناء تنفس الكائنات الحية ، ويستهلك طبيعياً فى عملية التمثيل الضوئى للنباتات . المشكلة حالياً تنتج عن الإحتراق الواسع للوقود الحفرى الناتج عن أحياء نباتية وحيوانية عاشت منذ بلايين السنين أى أن ما جمع من غاز ثانى أكسيد الكربون من جو الأرض خلال ملايين السنين نعيده إلى الجو ثانية خلال بضعة مئات السنين ، مما يعتبر معه هذا الغاز المساهم الأكبر فى إحداث التأثير الصوبى على جو الأرض ، إذ أن هذا الغاز يعمل على إمتصاص الأشعة تحت الحمراء المرتدة من سطح الأرض مما تتسبب معه فى إرتفاع درجة حرارة جو الأرض .

يتكون غاز ثانى أكسيد الكربون عند الإحتراق الكامل لكربون مواد الوقود أو عند تحلل المواد العضوية فى وجود أكسوجين كاف ، كما أنه ينتج عند تنفس كافة الأحياء ، حيوانية أو نباتية أو ميكروبية ، وخلال عمليتى الإحتراق أو التحلل الهوائى أو التنفس يسحب من الجو غاز أكسوجين لأكسدة المواد الكربونية . كما ينطلق غاز ثانى أكسيد الكربون طبيعياً من باطن الأرض عبر فوهات البراكين النشطة (شكل49). تقوم النباتات نهاراً بعملية عكسية للعمليات السابقة ، حيث تسحب من الجو غاز ثانى أكسيد الكربون ونطلق فى الجو غاز أكسوجين ، ولهذا فإن جو الأرض بالنسبة لمحتواه من كل من الأكسوجين وثانى أكسيد الكربون ظل



شكل 49 : خروج الحمم من فوهة بركان مصحوبة بتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون وغازات أخرى

ثابتا لملايين السنين ، إلا أنه في السنوات الأخيرة ، نتيجة للحرق الزائد للوقود الحفري وللتقليع المكثف للغابات ، إرتفعت معدلات ثاني أكسيد الكربون في الجو، فقد كانت نسبة هذا الغاز 0.027 % قبل التوسع في إستخدام الفحم ، ثم إرتفعت إلى حوالي 0.030 % عام 1950 ثم إلى 0.035 % عام 1980 (شكل 33) . هذه الزيادة المستمرة كانت مؤثرة على إرتفاع معدلات حرارة جو الأرض ، ويتوقع الكثير أن تزداد الحرارة أكثر فأكثر محدثة الأثر الصوبي على الجو.

يخشى كثير من العلماء من النتائج الممكن حدوثها عند إرتفاع حرارة جو الأرض ، وفي مقدمتها تأثير ذلك على إسالة جزء من جبال الجليد ، وما يترتب على ذلك من إرتفاع مستوى المياه في المحيطات والبحار ، مما يتوقع معه غرق الأراضي الساحلية المنخفضة. وقد قدرت كميات ما بثه العالم في الجو من غاز ثاني أكسيد الكربون سنة 1985 بما يعادل 5.24 بليون طن كربون ، ومن المتوقع أن يتضاعف ذلك سنة 2025 ، معظمه تبثه الدول الصناعية المتقدمة والأكثر إستخداما للوقود ، فقد بثت تلك الدول سنة 1985 ما يعادل 3.95 بليون طن ، في حين بثت الدول النامية في تلك السنة حوالي 1.29 بليون طن ، ونجد أن ما بثته دول أوروبا تلك السنة 2.15 بليون طن مقابل 0.14 بليون طن فقط بثته دول أفريقيا .

لا تقف أضرار زيادة معدلات ثاني أكسيد الكربون على حرارة الجو، بل تساهم زيادة الغاز في تآكل الأوزون بطبقة الإستراتوسفير .

الميثان

الميثان (CH_4) هو أحد الغازات المكونة للغاز الطبيعي ، وهو يصاحب إستخراج البترول من باطن الأرض ، وكان يشعل للتخلص منه (شكل 21) وينتج عن إشعال الميثان تكون غاز ثاني أكسيد الكربون في حالة وفرة الأكسوجين ، أما في حالة قلته فينتج أول أكسيد الكربون .

$$CH_4 + 2\,O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\,H_2O$$

$$2\,CH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO + 4\,H_2O$$

الميثان هو أحد منتجات تخمر المواد العضوية وأكبر مكونات البيوجاز الذى ينتج عند تحلل المواد العضوية بعيدا عن الهواء .

يساهم الميثان بحوالى 18 % من التأثير الصوبى ، كما أنه من الغازات الضارة بمنطقة الأوزون بطبقة الإستراتوسفير.

يستفاد من الميثان فى إنتاج غاز الأيدروجين ، وهو الوقود النظيف المتوقع إستخدامه مستقبلا ، كما يستفاد من الأيدروجين فى تحضير غاز النشادر (NH_3) بإتحاده مع غاز النتروجين .

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2\,NH_3$$

ويستفاد من النشادر فى تحضير أسمدة نتروجينية مثل نترات الأمونيوم واليوريا ، كما يمكن الإستفادة من الميثان فى تحضير كحول الميثابل (CH_3OH) الذى يستخدم كمذيب عضوى وفى تحضير الفورمالدهيد ($HCHO$).

الكبـريت ومركباتـه

الكبريت sulfur (S) عنصر غير معدنى صلب لونه أصفر باهت ، يوجد حرا فى الطبيعة أو ضمن مركبات تحتوى عليه ، رقمه الذرى 16 ووزنه الذرى 32 . يوجد الكبريت فى الفحم وخام البترول . يحتوى الفحم على معدلات منه تتراوح ما بين 0.2 إلى 7.0 % ولهذا فإنه يعتبر الملوث الأول للجو عند إحتراقه حيث يظهر فى صورة أكاسيد الكبريت . كما يوجد فى زيت البترول الخام بنسب متفاوتة ، ولكنها بوجه عام تقل عن مثيلاتها فى الفحم . وعموما فإن قيمة كل من الفحم أو البترول تزداد كلما قل محتواها من الكبريت .

يستخدم الكبريت طبيا فى بعض أمراض الإنسان والحيوان ، كما يستخدم فى مقاومة بعض الآفات والأمراض النباتية ، ويستخدم أيضا فى صناعة البارود .

أكاسيد الكبريت

يعرف للكبريت أكسيدان هما ثانى أكسيد الكبريت وثالث أكسيد الكبريت :

1 - ثانى أكسيد الكبريت sulfur dioxide (SO_2) غاز عديم اللون نفاذ الرائحة كاو مهيج للجهاز التنفسى وسام . يتلوث الجو طبيعيا بهذا الغاز من البراكين النشطة ، وتظهر آثار ذلك بأماكن البراكين . أما معظم التلوث الحالى للجو منه فتنتج عن إحتراق الوقود ، سواء الحفرى أو غير الحفرى ، ويقدر ذلك بحوالى 80 % من التلوث به. ينتج هذا الغاز أيضا عند أكسدة كبريتيد الأيدروجين الناتج أيضا من البراكين (شكل 48) أو عند تحلل المواد العضوية نباتية أو حيوانية ، بالأرض أو بالبحار والمحيطات . ومن مصادره الأخرى معامل تكرير البترول ومصانع الورق ولب الورق وعند تنقية بعض المعادن من خاماتها ، كما يحدث عند إستخراج النحاس من كبريتيد النحاس (Cu S) .

ينتقل غاز ثانى أكسيد الكبريت لمسافات بعيدة فى الجو لأنه يتحد مع الأتربة والضباب والدخان حيث تحملهما الرياح . هذا الغاز سريع التأكسد حيث يتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت .

$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2\,SO_3$$

كما أنه يتحد مع الماء مكونا حمض الكبريتوز (H_2SO_3)

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$$

يستخدم هذا الغاز فى التبريد نظرا لسهولة إسالته كما يستخدم كمزيل للألوان ، وإستخدم فى الحروب كغاز سام . حمض الكبريتوز يستخدم كعامل تبييض وكمطهر وكمادة حافظة . التركيز المسموح به فى الجو 3-10 جزء فى المليون .

2 - ثالث أكسيد الكبريت sulfur trioxide (SO_3) غاز كاو وعامل مؤكسد قوى، يذوب فى الماء مكونا حمض الكبريتيك (H_2SO_4).

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

يدخل أكسيدى الكبريت والحامضين الناتجين عند إتحادهما بالماء ، والملوثين للهواء إلى الجهاز التنفسى أثناء عمليات الشهيق ، فيتسببان فى تهيج الأغشية المخاطية المبطنة للأنف والقصبات الهوائية ، فيظهر إحتقان فى الحلق وربو وزكام، كما أنها تحدث تهيجا للجلد والعينين وإلتهابا للبلعوم وتؤثر تأثيرا ضارا على الأسنان .

لا تقتصر الأضرار الناتجة عن أكسيدى الكبريت وحامضى الكبريتوز والكبريتيك على الدول المنتجة له ، بل كثيرا ما تظهر آثار وأضرار تلك المركبات على دول أخرى ، فنجد مثلا أن النرويج قد بثت فى الجو سنة 1980 حوالى 137 ألف طن مترى من غاز ثانى أكسيد الكبريت ، لكن وصلها عن طريق الرياح فى نفس العام 300 ألف طن مترى من الدول الصناعية المجاورة والمنتجة لهذا الغاز

بكميات كبيرة . وفـى نفس العـام بثـت إيطاليـا 3.8 مليـون طـن مـن الغـاز ، وبثـت تشيكوسلوفاكيا 3.1 مليون طـن ، وبثـت فرنسـا 3.3 مليـون طـن مـن الغـاز ، وبثـت ألمانيا الغربية 3.6 مليون طن وبثت بولندة 2.75 مليون طـن ، وبثـت بريطانيـا 4.6 مليون طن وبثت يوغوسلافيا 3.0 مليون طن ، وبث الإتحـاد السـوفيتى 25.5 مليـون طن . فى أمريكا الشمالية تتأثر كل من كندا والولايـات المتحدة الأمريكيـة بأكسـيدى الكبريت وحمضى الكبريت المنتج فى البلد الآخر ، فكلاهما يبثهما فى الجو بكميـات كبيرة ، قدرت فى الولايـات المتحـدة الأمريكيـة سـنة 1980 بحوالـى 23 مليـون طـن مترى فى صورة ثانى أكسيد الكبريت بجانب 20 مليـون طـن مـن أكاسـيد الآزوت ، وفى نفس الوقت بثت كندا فى الجو 4.6 مليون طن ثانى أكسيد الكبريت بجـانب 1.7 مليون طن من أكاسيد الآزوت ، لكن الرياح تهب فى معظم الأوقات من الجنوب فى الولايات المتحدة الأمريكية إلى الشمال فى كندا محملة بالغازات والأحماض الملوثـة للجو ، مما ينتج عنه زيـادة فـى التلـوث الحـامضى بكنـدا ، وأدى ذلـك إلـى حموضـة البحيرات هناك .

تسـبب أكاسـيد وأحمـاض الكبريت أضـرارا بالنباتـات حيث تحـترق وتتسـاقط الأوراق (شكل 34) ، كذلك فإنها تتسبب فى تآكل المبانى والتمـاثيل وخاصـة المبنيـة بالحجر الجيرى .

يمكن التخلـص مـن ثـانى أكسيد الكبريت النـاتج عن عـوادم الصناعـة بتمريـر العوادم الغازية على حجر الجير($Ca\ CO_3$) أو كربونات المغنسيوم($Mg\ CO_3$).

كبريتيد الإيدروجين

كبريتيد الإيدروجين hydrogen sulfide (H_2S) غاز عديم اللون كريه الرائحة، تشبه رائحة البيض الفاسد ، قابل للإشتعال فى وجود الأكسوجين وينتج عن إحتراقـه تكون غاز ثانى أكسيد الكبريت .

$$2\,H_2S + 3O_2 \longrightarrow 2\,SO_2 + 2\,H_2O$$

يذوب كبريتيد الإيدروجين فى الماء وكحول الأيثايل .

ينطلق غاز كبريتيد الإيدروجين طبيعيا من البراكين النشطة ، كما يوجد ضمن مكونات الغاز الطبيعى ولكن بنسب ضئيلة ، ويتسرب أحيانا من مصافى النفط . ينتج هذا الغاز أيضا عند تخمر المواد العضوية المحتوية على كبريت ، وينتج أيضا فى صناعة الورق ولب الورق .

يدخل هذا الغاز إلى جسم الإنسان مع الهواء الملوث به أثناء التنفس مؤثرا على الجهاز العصبى المركزى ، ويتسبب عن وجوده فى الهواء بنسبة 15 ملليجرام للمتر المكعب ولمدة ساعة فقدان الوعى .

النتروجيـن ومركباتـه

النتروجين nitrogen (N_2) عنصر غير معدنى يكون حوالى 80 % من حجم الـهواء الجوى ، وهو غاز خامل عديم اللون والرائحة ، رقمه الذرى 7 ووزنة الذرى 14 . النتروجين من العناصر الضرورية لتغذية الكائنات الحية ، إذ أنه يدخل فـى تركيب كافة الأحماض الأمينية والبروتينات ، يأخذه النبات فى صـورة مختلفة تشمل عنصر النتروجين الجوى خلال أنواع خاصة من البكتريا تستفيد منه مباشـرة ومنـها يستفيد النبات من المركبات النتروجينية العضوية التى كونتها البكتريـا . كذلك فـإن بعـض أنواع الطحالب الزرقـاء تقوم بتثبيت النـتروجين الجـوى . هـذه الطحـالب وبعـض البكتريا تعيش حرة فى التربة ، والبعض من البكتريا يعيش فى جـذور بعـض أنـواع من النباتات وخاصـة النباتـات البقوليـة مثـل بكتريـا ريزوبيـم *Rhizobium*. معظم النباتات يمكنها الإستفادة من النتروجين عندما يكون فـى صـورة أمـلاح أمونيـوم أو أملاح نترات أو فـى صـ..ـرة يوريـا urea ($CO\ (NH_2)_2$) . بعـض أنـواع بكتريـا التربة تؤكسد الأمونيا التى تنتج عن تحلل المواد العضويـة النتروجينيـة إلـى حمـض نتروز مثل بكتريا نتروزوموناس *Nitrosomonas* .

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2\,H_2O$$

وحمض النتروز حمض غير ثابت يوجد فى حالة سائلة فقط ، ثم تقوم بكتريا أخـرى تسمى نتروباكتر *Nitrobacter* بأكسدة حمض النتروز إلى حمض نتريك .

$$2HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2\,HNO_3$$

تستفيد الحيوانات من النتروجين فى صورة العضوية المعروفة بالبروتينات.

أكاسيد النتروجين

يوجد بالطبيعة عدة أكاسيد نتروجينية نذكر منها ما يأتى :

1- أكسيد النتريك nitric acid (NO) ، وهو غاز عديم اللون ، يذوب فى الماء دون تفاعل ، وعند تجمده يتحول لونه إلى الأزرق ويصبح تركيب جزيئه N_2O_2.

2- ثانى أكسيد النتروجين nitrogen dioxide (NO_2) ، وهو غاز بنى اللون سام قليلا ، يكثر وجوده فى الضبخن وفى عوادم السيارات ، كما ينتج عن إحتراق الوقود فى محطات توليد الكهرباء وعند إنطلاق الصواريخ . عند ذوبان ثانى أكسيد النتروجين فى الماء يتكون حمض النتريك nitric acid (HNO_3)

$$4NO_2 + 2H_2O + O_2 \longrightarrow 4\,HNO_3$$

تتسبب أكاسيد النتروجين فى إتلاف الأوزون فى طبقة الإستراتوسفير ، فيتفاعل أكسيد النتريك مع الأوزون متحولا إلى ثانى أكسيد النتروجين ويختزل الأوزون إلى أكسوجين .

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

ثم لا يلبث أن يتحلل ثانى أكسيد النتروجين ضوئيا إلى أكسيد نتريك وأكسوجين ذرى.

$$NO_2 \longrightarrow NO + O$$

وهكذا يتكرر التفاعل وتحدث سلسلة من التفاعلات فى تآكل الأوزون .

وفى طبقات الجو السفلى يتسبب الضوء فى إختزال ثانى أكسيد النتروجين إلى أكسيد نتريك ، وفى نفس الوقت تأكسد بعض أكسوجين الجو إلى أوزون ضار بصحة الإنسان .

$$NO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{ضوء}} NO + O_3$$

ثم يقل الأوزون بالجو ليلا متحولا إلى أكسوجين ويتحول أكسيد النتريك ثانية إلى ثانى أكسيد النتروجين .

$$NO + O_3 \xrightarrow{\text{ظلام}} NO_2 + O_2$$

3- أكسيد نتروز nitrous oxide (N_2O) ، غاز عديم اللون حلو المذاق ، يستخدم فى التخدير ، ويحدث حالة هيستريا خفيفة ، ولهذا سمى بالغاز المضحك laughing gas .

4- من الأكاسيد الأخرى ثالث أكسيد النتروجين (N_2O_3) ورابع أكسيد النتروجين (N_2O_4) وخامس أكسيد النتروجين (N_2O_5) .

تتسبب أكاسيد النتروجين فى تدمير البلاستيدات الخضراء بالنباتات محدثة تبقعات بيضاء إلى رمادية أو سوداء فى أوراق النباتات الخضراء .

كما يتسبب عن تعرض الإنسان إلى أكاسيد النتروجين بتركيزات مرتفعة ، أو بتركيزات منخفضة ولكن لمدد طويلة ظهور أمراض بالجهاز التنفسى . وقد وجد أن وصول تركيزات الأكاسيد النتروجينية إلى 15 جزء فى المليون بالهواء الجوى يؤدى إلى حدوث تهيج للأغشية الأنفية والقصبات الهوائية والعيون ، وقد يتسبب ذلك فى حدوث الإصابة بمرض الربو الشعبى وخاصة بين الأطفال . وإذا وصل تركيز الأكاسيد النتروجينية إلى 150 جزء فى المليون يحدث إحتقان وإلتهاب رئوى قد يؤدى إلى الوفاة .

الحد الأقصى المسموح به للأكاسيد النتروجينية فى الجو 10 جزء فى المليون .

الأمونيـــــا

الأمونيا (النشادر) ammonia (NH_3) ، غاز نفاذ عديم اللون ، يعتقد بأنه أحد المكونات الرئيسية للغلاف الجوى للكرة الأرضيـة قبل ظـهور الحياة الأولـى علـى الأرض منذ حوالى 2000 مليـون سـنة . ينتـج هـذا الغـاز حاليـا أثنـاء تحلـل المـواد العضوية المحتوية على نـتروجين وخاصـة عنـد غيـاب الـهواء . تحضـر الأمونيـا صناعياً ، وتستخدم فى تحضير العديد من المواد العضوية وغير العضوية المحتوية على نتروجين . تذوب الأمونيا فى الماء مكونة إيدروكسيد الأمونيوم الذى يسـتخدم فى التنظيف .

$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4OH$$

النترات والنتريتات

النترات nitrates هى أملاح حمض النتريك والنتريتات nitrouses هى أمـلاح حمض النتروز ، وهى أملاح ضارة بصحة الإنسان إذا ما وصلـت إلـى الجسم عن طريق مياه الشرب أو عن طريق الأغذية الملوثة بـها . التسميد النـتروجينى الزائـد للنباتات يتسبب فى إرتفاع مستوى المركبات النتروجينية فى التربة ، وبالتالى ترتفع فى المياه الأرضية ، ومن ثم فى مياه الصرف الزراعى ثم فى البحيرات أو الأنـهار ، ويؤدى هذا إلى إنتعاش نمو الطحالب والنباتات المائية الضارة .

زيادة أملاح النترات عن الحد المسموح به فى مياه الشـرب أو الأغذيـة تضـر بالصحة ذلك لأنها تختزل فى الجهاز الهضمى إلى نتريتات تتحد بـهيموجلوبين الـدم فتقلل من قدرته على حمل الأكسوجين ، فيحـدث عـوز أكسـوجينى تظـهر خطورتـه علـى الرضـع حيـث يصـابوا بمـرض الأطفـال الـزرق كذلـك فـإن إرتفـاع معـدلات إستهلاك النترات و النتريتات يعرض الإنسان للإصابـة بسـرطان الأمعـاء والمثانـة حيث يحدث تفـاعل بيـن أملاحـهما والأمينـات الموجـودة بالجسم ويتكـون عـن ذلـك مركبات نترو أمينية مسرطنة .

الحد الأقصى المسموح به فى ماء الشرب 10.0 ملليجرام لتر من النترات و 1.0 ملليجرام/ لتر من النتريتات وذلك فى صورة نتروجين .

من مركبات النتروجين الأخرى مركب النتروجلسرين nitroglycerin وهو سائل سميك لونه أصفر باهت ، وينفجر بالتعريض الفجائى لدرجات حرارة مرتفعة.

الأوزون

الأوزون ozone (O_3) غـاز سـام لونـه أزرق بـاهت لـه رائحـة نفـاذة مهيجـة ، يصبح لونه فى صورتيه السائلة والصلبـة أزرق مسـود blue black ، وهـو صـورة نشطة غير مستقرة من غاز الأكسوجين (O_2) يتكون جزئ الأوزون من ثلاثة ذرات من الأكسوجين فى حين أن جزىء الأكسوجين يتكون مـن ذرتين أكسـوجين ، لـهذا فإن الأوزون أثقل من الأكسوجين الطبيعى مرة ونصف .

الأوزون مؤكسد قوى يتحد بسهولة مع معظم المواد التـى تلامسه. يتكـون فـى محطات توليد الكهرباء وحول المولدات الكهربائية ، كما يتكـون بـالجو عند حـدوث شرارات كهربائية كما فى حالة حدوث العواصف الرعدية . كذلك فإنه يتكون عنـد تحلل جزيئات الأكسوجين بفعل الأشعة فوق البنفسجية إلى ذرات تتحد مـع جزيئـات الأكسوجين .

$$O_2 \longrightarrow O + O$$
$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$

يوجد الأوزون فى الطبقات السفلى من جو الأرض بنسبة تتراوح مـا بيـن 0.02 إلـى 0.03 جزء فى المليون وذلك فى الأجـواء الريفيـة ، أمـا فـى المـدن الصناعيـة حيث تكثر السيارات فتصل نسبته إلى 0.05 جزء فى المليون ، وتزداد هذه النسبة عن ذلك فى حالة ظهور الضبخن.

يتكـون الأوزون فـى جـو الأرض السفلى عندمـا ينبـه ضـوء الشـمس حـدوث تفـاعلات بيـن غـازات الجـو الطبيعيـة وبعض ملوثاتـه مثل المركبـات الكربونيـة العضوية الطيارة وأكاسـيد النـتروجين ، وكلاهمـا مـن مكونـات عـوادم السيارات ،

ولـهذا تكثر معدلات الأوزون فـى الجـو نـهارا وخاصـة عنـد زحمـة حركـة مـرور السيارات فى أوقات الذروة .

تتسبب زيـادة معدلات الأوزون بـالجو القريـب مـن سـطح الأرض فـى حـدوث إحتقان بالعيون وإلتـهابات فـى الأغشـية المخاطيـة وصعوبـة فـى التنفس والإصابـة بالسعال والإلتهاب الرئوى والربو وحدوث ضعف المناعة . كذلك فإن الأوزون فى الجو المحيط بالنباتات يضر بها حيث يتسبب فى حدوث تبقعات بالأوراق .

الحد الأقصى المسموح بالتعرض له خلال اليوم هو 0.1 جزء فى المليون وبحـد أقصى 0.3 جزء فى المليون لمدة قصيرة .

فى طبقات الجو العليا على إرتفاع 15 إلى 40 كيلومتر فوق سطح البحر يوجـد الأوزون بتركيزات تفوق [illegible]ا تركيزاتها قرب سطح الأرض حيث تصل إلى أكـثر من ألف مرة تركيزاتها قرب سطح الأرض . تتزايد تراكيزات الأوزون فـى طبقـة الإستراتوسفير علـى إرتفـاع حوالـى 28 إلـى 30 كيلومـترا ، ورغـم هـذا التركـيز العالى إلا أنه لو ضغط الأوزون الموجود فى الغلاف الجوى لشغل حيزا لا يزيد عن ثلاثة ملليمترات فى السمك . هذه الكمية الضئيلة من الأوزون والموجودة علـى هـذا الإرتفاع ، ذات فائدة عظيمة على الحياة على سـطح الأرض ، حيـث تمنـع وصـول كثير من الأشعة فوق البنفسجية ذات التأثير السيئ على الحيـاة الإنسـانية والحيوانيـة والنباتية . إمتصـاص الأوزون للأشعة فوق البنفسجية تعمل على رفع حرارة الجـو فى طبقة الأستراتوسفير مقارنة بطبقتى التروبوسفير أسفلها والميزوسفير أعـــلاها (شكل 1) .

يختلـف تركـيز الأوزون فـى طبقـة الإستراتوسفير ، حيـث تقـل معدلاتـه تحـت الظروف الطبيعية عند خط الإستواء فيزداد مرور الأشعة فوق البنفسجية بها ، ولهذا

يكثر بين السكان فى المنطقة الإستوائية الإصابات بسرطان الجلد ، لكن تحت ظروف إنتشار الملوثات حاليا نجد أن كثافة الأوزون قد قلت كثيرا عند القطبين الجنوبى والشمالى خلال الربيع فى كل منهما حيث يتكون ما يعرف بثقب الأوزون .

يعتبر غاز الأوزون عامل تبييض قوى ، يتفوق فى ذلك على كل من فوق أكسيد الأيدروجين hydrogen peroxide (H_2O_2) وثانى أكسيد الكبريت (SO_2) . كما أنه مطهر قوى أقوى 5000 ضعف غاز الكلور ، حيث يستخدم فى تطهير مياه الشرب ومياه الصرف الصحى ضد الفيروسات والبكتريات . يتفوق الأوزون على الكلور من حيث قوة مفعوله التطهيرى وكذلك فى أنه لا يترك مذاق ولا رائحة كالتى يتركها الكلور ، ولا ينتج عنه مركبات مسرطنة كالتى يكونها الكلور فى حالة وجود مواد عضوية مثل مركبات ترايهالوميثان trihalomethane .

يستخدم غاز الأوزون فى تطهير الماء بنسبة 0.2 إلى 0.4 ملليجرام / لتر على أن يبقى فى الماء لمدة 4 دقائق على الأقل .

الهالوجينات ومركباتها

الهالوجينات halogens هى خمسة عناصر غير معدنية ، أربعة منها عناصر سامة هى الكلور والفلور والبروم واليود ، والعنصر الخامس عنصر مشع هو الأستاتين .

الكلـــــــور

الكلور chlorine (Cl) ، غاز لونه أصفر مخضر ، سام مهيج ، رقمه الذرى 17 ووزنة الذرى 35.5 . يتحد الكلور بسهولة مع معظم العناصر ، ومن أهم أملاحه كلوريد الصوديوم المعروف بملح الطعام (NaCl) . أخطر مركباته هى المركبات العضوية وتشمل مركبات الكلوروفلوروكربون المعروفة بالفريونات ، ومنها بعض المبيدات الحشرية المعروفة بالهيدروكربونات المكلورة مثل مركبات DDT واللندين ، ومنها ما يدخل فى تركيب بعض اللدائن ، ومنها مركب ديوكسان الشديد السمية . ومن مركباته الضارة بطبقة الأوزون بخلاف المركبات الفريونية مركب رابع كلوريد الكربون carbon tetrachloride ($C\ Cl_4$) وهو مركب سام غير قابل للإشتعال يستخدم فى إطفاء الحرائق ، ومنها الكلوروفورم chloroform ($CH\ Cl_3$) الذى يستخدم كمخدر .

يستخدم الكلور فى تبييض الملابس حيث تدخل مركباته فى كثير من المنظفات الصناعية لغسيل الملابس . كما يستخدم الكلور فى تطهير مياه الشرب ومياه الصرف الصحى لتقليل ما بهما من ميكروبات ، ويعيب الكلور فى تطهير المياه أنه قد يتفاعل مع المركبات العضوية التى قد تتبقى فى المياه مكونا مركبات هيدروكربونية مكلورة ذات تأثيرات مسرطنة .

الحد الأقصى المسموح به للكلور فى الهواء الجوى 0.1 ملليجرام / متر مكعب . زيادة نسبة الغاز فى الهواء عن الحد المسموح به تتسبب فى موت الخلايا الحية وتحدث أضرارا بالنظام العصبى للشخص المعرض للغاز .

الفـــــــلور

الفلور fluorine (F) غاز ذو لون أصفر باهت ، كاو شديد السمية ، يتفاعل بسهولة مع كثير من المواد ، ورقمه الذرى 9 ووزنة الذرى 19 . يدخل الفلور فى صناعة معاجين الأسنان حيث أنه يلعب دورا هاما فى الوقاية ضد تسوس الأسنان وذلك فى حدود 0.5-1.0 ملليجرام / لتر . زيادة تركيز الفلور إلى 1.5 ملليجرام / لتر قد تتسبب فى حدوث تبقعات صفراء إلى بنية بالأسنان ، وإذا زاد التركيز عن ذلك فقد يؤدى إلى حدوث تفتيت بالأسنان وإلى حدوث إلتهابات فى الكلى والكبد والمعدة والأمعاء . يضر الفلور أيضا بالنباتات ، فقد لوحظ فى فرنسا حالة موت لأشجار صنوبر فى دائرة نصف قطرها كيلومتران حول مصنع يبث غاز الفلور . كذلك فقد وجد أن الفلور يحدث تسمما للنحل .

يوجد الفلور طبيعيا فى قواعد الجبال المرتفعة وفى الأراضى المحتوية على ترسيبات بحرية ومنها الحزام الجيولوجى الممتد من سوريا إلى الأردن ومصر وليبيا ، ومن الجزائر إلى المغرب ، ومن السودان إلى كينيا ، ومن تركيا إلى العراق ثم إيران وأفغانستان فالهند . تعتبر مصانع الألومنيوم من أهم المصادر للتلوث بالفلور . الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب 0.8 ملليجرام / لتر.

من المركبات المحتوية على الكلور والفلور معا مركبات الكلوروفلوروكربون والتى إتضحت خطورتها الشديدة على منطقة الأوزون .

الكلوروفلوروكربون

مركبات الكلوروفلوروكربون chlorofluorocarbons والتى يرمز لها إجمالا بالرمز CFCs ، هى مواد عضوية غير قابلة للإشتعال تتكون من عناصر الكلور والفلور والكربون وتعرف بالفريونات . بدء فى إنتاج هذه المركبات عام 1930 ، وأكثر أنواعها إنتاجا النوع CFC-11 وتركيبه $CFCl_3$ والنوع CFC-12 وتركيبه CF_2Cl_2. تتميز تلك المركبات بالثبات ، وتقدر أعمارها بزمن يصل إلى أكثر من مائة عام . مركبات الكلوروفلوروكربون تتصاعد فى الغلاف الجوى مخترقة طبقة التربوسفير وتصل إلى داخل طبقة الإستراتوسفير ، ويستغرق تصاعدها من سطح الأرض حتى تصل إلى منطقة الأوزون بالأستراتوسفير حوالى خمسة عشر عاما ، ومن منطقتى الأوزون تسحبها الدوامة القطبية المتكونة فى كلا قطبى الكرة الأرضية (شكل 36) ، فيتجمع جزء كبير من مركبات الكلوروفلوروكربون فى القطبين حيث تتفاعل مع غاز الأوزون مسببة إختزال هذا الغاز إلى أكسوجين عادى. يزداد حدوث هذا التفاعل فى الربيع لكل قطب من القطبين .

تتصف مركبات الكلوروفلوروكربون بالثبات فى طبقات الجو المنخفضة ، إلا أنها فى طبقة الإستراتوسفير تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية فتتحرر منها ذرات نشطة من الكلور الذى يعمل على إختزال الأوزون إلى أكسوجين وفى نفس الوقت يتأكسد الكلور ويصبح أول أكسيد الكلور (Cl O)

$$CF_2\,Cl_2 \xrightarrow{\text{أشعة فوق البنفسجية}} CF_2O + 2Cl$$

$$Cl + O_3 \longrightarrow ClO + O_2$$

ثم لا يلبث أكسيد الكلور أن يختزل بفعل الأكسوجين الذرى متحولا إلى كلور وأكسوجين .

$$Cl\,O + O \longrightarrow Cl + O_2$$

وهكذا يعيد الكلور التفاعل ويواصل إتلافه لذرات أوزون أخرى وقد وجد أن جزىء واحد من مركب كلوروفلوروكربون يمكنه تدمير حوالى مائة ألف جزىء من الأوزون .

معظم مركبات الكلوروفلوروكربون غازية فى درجات حرارة الجو العادى وتسال بسهولة تحت ضغط ، لهذا فإن بعضها يستخدم فى أجهزة التبريد ، كما تستخدم كمواد ضاغطة ودافعة للعبوات الرذاذية . ومن هذه المركبات المستخدمة بكثرة ما يلى :

- CFC-11 وتستخدم أساسا فى تبريد الهواء الجوى فى المساحات الواسعة كالمصانع والمكاتب ، كما تستخدم كمادة دافعة فى الإيروسولات المستخدمة فى مواد التجميل والعطور ومعطرات الجو ومزيلات العرق والمبيدات .
- CFC-12 وتستخدم أساسا فى تبريد الثلاجات وتكييف السيارات كما تستخدم أيضا فى العبوات الرذانية .
- CFC-22 وتستخدم أساسا فى أجهزة التكييف المنزلية وغيرها من الأماكن المغلقة المحدودة.
- CFC-113 وتستخدم أساسا فى تنظيف الدوائر الإلكترونية المطبوعة والوصلات الخاصة بها ، كما تستخدم فى تصنيع الإسفنج الصناعى الذى يدخل فى صناعة الأثاث وفى صناعة الألياف الصناعية ، كما يدخل فى صناعة مواد الإطفاء .

يحتوى جو الأرض حاليا من مركبات الكلوروفلوركربون على كميات كبيرة سوف يستمر أثرها حتى بعد التوقف التام عن إنتاجها لمدة تصل إلى حوالى مائة عام، نظرا للثبات الكبير لهذه المركبات حيث تقدر أعمارها ما بين 50 إلى 110 عام.

إتضحت الأضرار الكبيرة لمركبات الكلوروفلوروكربون على جو الأرض حيث يعزى معظم الضرر الحادث للأوزون فى طبقة الأستراتوسفير إلى الإستخدام الواسع لمركبات الكلوروفلوروكربون وغيرها من المركبات المطلقة لغاز الكلور ، كما يعزى لمركبات الكلوروفلوروكربون حوالى 14 % من التأثير الصوبى على جو الأرض . ولا ننسى أثر ثقب الأوزون على نفاذ الأشعة فوق البنفسجية إلى جو الأرض وأثر ذلك على أحياء الأرض ، كما لا ننسى أثر إرتفاع حرارة الأرض على إذابة جليد القطبين وإرتفاع مستوى مياه البحار والمحيطات وتأثير ذلك على إغراق الأراضى الساحلية المنخفضة . لهذا فقد تقرر فى إتفاقية فينا سنة 1985 ثم فى بروتوكول مونتريال سنة 1987 تجميد إنتاج مركبات الكلوروفلوروكربون عند مستوى إنتاجها عام 1986 ، ثم إتباع ذلك بخفض تدريجى ليصل إنتاجها إلى 50% سنة 1995 ، على أن يتم التخلص منها نهائيا ويحرم إنتاجها وإستخدامها بحلول عام 2000 .

المعـــادن الثقيلـــة

المعـادن الثقيلـة هـى عنـاصر معدنيـة ذات أوزان نوعيـة تزيـد عـن 4 ، وتشمل المعادن التالية مرتبة تنازليـاً بالنسبة لأوزانـها النوعيـة حيث أثقلـها الذهـب ووزنـه النوعى 19.3 وأخفها الزرنيـخ ووزنـة النوعـى 5.73 وهـذه المعـادن هـى الذهـب ـ الزئبـق ـ الرصـاص ـ الفضـة ـ الموليبدينـم ـ النحـاس ـ الكوبلـت ـ النيكـل ـ الكادميوم ـ الحديد ـ القصدير ـ المنجنيز ـ الكروم ـ الزنك ـ الزرنيخ . معظم هذه المعادن لها تأثير تراكمى سام للإنسان .

الـذهــب

الذهب gold (Au) معدن أصفر لين مقاوم للتآكل ويعتبر أكـثر المعـادن قابليـة للتشكل والطرق ، ويوجد فى الطبيعة فى عروق ممتـدة أو ترسـيبات مائيـة ، وعـادة تضـاف إليه معادن أخرى ويستخدم فى صناعـة المجوهرات الذهبيـة . رقـم الذهـب الذرى 79 ووزنـه الذرى 197 ووزنه النوعى 19.3 .

الـزئبــق

الزئبق mercury (Hg) معدن أبيض فضى ، سائل فـى درجـة حـرارة الغرفـة ويتجمد عند 39- م ، رقمه الـذرى 80 ووزنــه الـذرى 200 وكثافتـه النوعيـة 13.5 . الزئبق سام وليس له أية فائدة فسيولوجية للإنسان ، معظم مركباته غير قابلة للذوبان فى الماء .

يوجد الزئبق فى الطبيعة فى صورة كبريتيد الزئبق (HgS) فى شـكل رواسـب ضحلة ، كما يوجد فى بعض المياه الجوفيـة فـى صـورة كلوريـد الزئبـق ($HgCl_2$) وأيدروكسيد الزئبق ($Hg(OH)_2$) القابلان للذوبان فى الماء .

تظهر أبخرة الزئبق فى الجو من مصادر مختلفة بعضها طبيعى وينتج عن خاماته فى التربة أو فى مياه المحيطات ، وبعضها من مصادر صناعية حيث يدخل الزئبق فى تلك الصناعات ، يستخدم الزئبق فى صناعة الترمومترات والبارومترات والترموستاتات وفى مصابيح الإضاءة الفلوروسنت ، فعند كسر أى من تلك الأجهزة أو تلفها يتساقط ما بها من زئبق ويتطاير بعضه . ويدخل الزئبق وبعض مركباته فى صناعات أخرى تشمل بعض الأجهزة الكهربائية والبطاريات والدهانات وصناعة الورق ولب الورق ، ويدخل أيضاً فى بعض تركيبات حشو الأسنان وفى صناعة بعض المبيدات ضد بعض الأمراض النباتية. يظهر الزئبق فى الجو أيضاً ، عند حدوث حرائق فى الغابات وعند حرق القمامة .

تساعد الأمطار الحامضية وإرتفاع حموضة مياه البحيرات على إذابة مركبات الزئبق وعلى تكوين ميثيل الزئبق methyl mercury ($(CH_3)Hg$) والذى يعتبر من أخطر السموم . تحدث معظم حالات تكوين ميثيل الزئبق فى الماء بفعل أنواع من البكتريا ، ويؤدى ذلك إلى إرتفاع معدلات الزئبق فى أجسام الأحياء المائية خلال سلسلة الغذاء ، حيث يرتفع الزئبق فى الطحالب عن معدله فى الماء ، ثم يرتفع فى الحيوانات البحرية التى تتغذى على الطحالب ، ثم يزداد إرتفاع الزئبق فى الحيوانات البحرية التى تتغذى على حيوانات بحرية عشبية التغذية ، وهكذا . وقد وصل الزئبق خلال تصاعد سلسلة الغذاء إلى طيور البنجوين وإلى الدبب القطبية رغم بعد بيئتها عن مصادر التلوث الزئبقى وقد وصلت معدلات الزئبق فى أجسام بعض الأسماك إلى ما يقرب من مليون ضعف معدلة فى الماء المحيط . يخزن الزئبق فى أجسام الأسماك والقشريات والرخويات فى صورة مركب عضوى هو ثنائى فينيل الزئبق .

الطعام والشراب هما الوسيلتان الأساسيتان الموصلتان للزئبق إلى أجسامنا ، ومن القناة الهضمية ينتقل الزئبق إلى الدم ثم يتراكم أساساً فى الكلى. التغذية على الأسماك الشديدة التلوث بالزئبق يؤدى إلى حدوث تسمم زئبقى لآكليه والذى تعرف أعراضه بمرض ميناماتا ، وهو المرض الذى ظهر فى خليج ميناماتا باليابان عام 1956 نتيجة لتغذية الأهالى على أسماك نامية فى هذا الخليج والذى سبق وأن تسرب إلى مياهه مركب زئبقى من المصانع المطلة عليه ، فظهر على المصابين تنميل بالأطراف والشفاه واللسان مع حدوث أضرار بالمراكز العصبية والإبصار وصعوبة فى التحكم الحركى ، تبعه حدوث شلل تشنجى . تسبب هذا المرض فى موت 40 % من الحالات المصابة . أما فى حالات التسمم الخفيف فيظهر على المتغذى صداع ودوار وشعور بالإرهاق . حدث بعد ذلك تلوث زئبقى من مصانع مقامة على نهر الرون بسويسرا سنة 1970 ، والذى تصب مياهه فى بحيرة ليمان Leman ، فارتفعت معدلات الزئبق فى أسماك البحيرة وإتضحت خطورتها .

يتسبب التسمم بأبخرة الزئبق فى حدوث صداع وأرق وإرهاق وإلتهاب فى اللثة وإلتهاب فى الأعصاب الطرفية. كذلك فإن الزئبق يؤثر تأثيراً ضاراً على بعض مناطق المخ والأحشاء الداخلية والكلى .

الحد الأقصى المسموح به للزئبق فى مياه الشرب 0.001 ملليجرام/ لتر وفى الهواء 0.1 ملليجرام / متر مكعب .

الرصـــــاص

الرصاص lead (Pb) معدن لين مرن لونه أبيض مزرق قابل للتشكل والطرق ، موصل ردىء للحرارة ومقاوم للتآكل ، رقمه الذرى 82 ووزنه الذرى 207 ووزنه النوعى 11.35 .

تحتوى خامات الرصاص عادة على عناصر الكبريت والزنك والنحاس ، ومن أهمها وجودا فى الطبيعة خام جالينا galena الذى يتركب من كبريتيد الرصاص ($Pb S$) ، والذى يستخدم فى طلاء المرايات ، كما يستخدم كصبغة زرقاء . يوجد الرصاص فى صور أخرى مختلفة منها أكاسيد الرصاص وتشمل أول أكسيد الرصاص (PbO) ، وهو أكثرها إستخداما فى صناعات الرصاص غير العضوية، كما يستخدم فى تصنيع لوح البطاريات وفى صناعة السيراميك والزجاج . ومن الأكاسيد الأخرى أكسيد الرصاص الأحمر ($Pb_3 O_4$) ، وهى صبغة حمراء لامعة وتستخدم فى دهانات المنازل وأسطح المعادن لمنع تآكلها وفى التشحيم وفى صناعة الزجاج والكريستال. من أملاح الرصاص ، كبريتات الرصاص ($Pb SO_4$) والتى تدخل فى صناعة الصبغات الزرقاء والبيضاء ، وسليكات الرصاص ($Pb Si O_3$) وتستخدم فى الدهانات وفى صناعة الزجاج والسيراميك والمطاط ، وكرومات الرصاص ($Pb Cr O_4$) الذى يستخدم فى الأحبار والصبغات والصناعات الجلدية ، وكربونات الرصاص القاعدى ($2P.\ C\ O_3.\ Pb(OH)_2$) ويعرف بالرصاص الأبيض ويستخدم فى الدهانات وفى صناعة بعض أنواع اللدائن .

يعتبر الرصاص أول المعادن التى صهرها الإنسان ، فالمواسير الرصاصية التى صنعها الرومان لازالت تستخدم حتى وقتنا الحالى ، يرجع إستخدام أكسيد الرصاص فى صقل الفخار إلى العصر البرونزى منذ حوالى 5500 سنة .

مما سبق يتضح لنا الأستخدام الواسع للرصاص ومركباته والتى تنتج عنها تلوثات كبيرة للبيئة . وحاليا فإن المصدر الأول لتلوث مياه الشرب بالرصاص يرجع إلى تآكل الوصلات الرصاصية بشبكة المياه ، لهذا فينصح عند فتح صنابير المياه عدم إستخدام الماء المتدفق أولا للشرب أو لتحضير الطعام حيث أن ما يتدفق أولا من مياه الصنبور يحتوى على تركيز مرتفع من الرصاص .

ومن مصادر التلوث بالرصاص ، تلك الناتجة عن عمليات التعدين والحفر فى المناجم وعمليات صهر الرصاص وتصنيعه لعمل مواسير المياه والصرف الصحى والوصلات المختلفة ، وفى عمليات اللحام وخاصة عند حفظ الأغذية فى صفائح أو بالتعليب . كذلك فإن الرصاص يدخل فى صناعة كثير من الأدوات الصحية وفى كثير من أصباغ الشعر ومساحيق التجميل وأحبار الطباعة والأقلام الرصاص وبعض المبيدات ، وأخطرها دهانات لعب الأطفال . وقد كانت معظم دهانات المنازل حتى عام 1960 تحتوى على عنصر الرصاص ، وبعد أن عرفت خطورته على صحة الإنسان بدأ من ذلك الوقت إستبدالها بصبغات أخرى ، وقد منعت بعض الدول إستخدام الرصاص فى دهانات المنازل .

كثير من الأجهزة المنزلية يدخل الرصاص فى تركيبها ، حيث يدخل فى تصنيع كثير من الأجهزة الإلكترونية من تليفزيونات وراديوهات ومسجلات وأجهزة فيديو ، حيث يكثر وجودها فى لوحات الدوائر وفى الزجاج الرصاصى لشاشات التليفزيون. وجميع هذه الأشياء عندما تستهلك فإنها تلقى فى مقالب القمامة وتكون مصدر تلوث بالرصاص .

من ملوثات الجو الرئيسية فى المدن رابع ميثيل الرصاص ورابع إيثايل الرصاص اللذان يضافان إلى وقود السيارات منذ حوالى 70 سنة لتحسين كفاءة الوقود فى إداره المحركات .

ويمثل الرصاص الناتج مع عادم السيارات ، وغالبا ما يكون فى صورة بروميد الرصاص أكبر ملوث لجو المدن ذات الكثافة العالية فى السيارات ، ويكون الرصاص الناتج من العادم معلقا ضبابيا يبقى عالقا فى الجو لمدد طويلة . وقد إتجهت كثير من الدول ومن بينها مصر إلى إستبدال الرصاص فى البنزين بمواد

أخرى منها بعض الكحولات ، وهى أقل ضررا على البيئة وفى نفس الوقت تحسن أداء البنزين برفعها للرقم الأكتينى للبنزين .

يدخل الرصاص إلى جسم الإنسان عن طريق الجهاز التنفسى مع التنفس والجهاز الهضمى مع الطعام والشراب ، ومن أى الجهازين يصل إلى الدم ، وعادة ما يذهب بعد ذلك إلى المخ ويترسب فى العظام والأسنان . الرصاص سام لكثير من أعضاء الجسم ، حيث يتسبب عن إرتفاع معدلاته بالجسم فى حدوث أنيميا ونقص فى هيموجلوبين الدم ، وقد يحدث تلفا شديدا للكلى والكبد والمخ والجهاز العصبى المركزى والجهاز العصبى المحيطى . يصحب التسمم بالرصاص حدوث تقلصات فى البطن مصحوبة بآلام شديدة ، وقد يحدث مغص كلوى وصعوبة فى التخلص من حمض البوليك والإصابة بالنقرس . وقد يحدث للكلى إلتهاب مزمن قد ينتج عنه فشل كلوى يزداد وضوحا عند الإصابة بالنقرس . وبالنسبة للكبد فإن الرصاص قد يتسبب فى حدوث إلتهاب كبدى قد يتطور إلى تليف كبدى ودوالى فى المرىء ثم إرتفاع فى حموضة المعدة والأثنى عشر ، وقد تنتهى بغيبوبة كبدية . وبالنسبة للجهاز العصبى فيظهر شعور بالإرهاق والخمول وتوتر زائد وإلتهاب فى الأعصاب . وبالنسبة للرئتين فإن الرصاص يحدث تهيجا فى أغشية الشعب الهوائية، فتحدث حالات ربو ونزلات شعبية ، وأحيانا يحدث تليف بالنسبة للقلب .

ونظرا لدخول الرصاص فى أحبار طباعة الصحف فإنه ينصح بعدم إستخدام ورق الصحف فى تغليف المواد الغذائية أو فى إمتصاص الزيت الزائد بعد قلى الخضراوات كما فى حالتى البطاطس والباذنجان ، كما ينصح بغسل الأيدى جيدا بعد قراءة الصحف .

يختلف الأشخاص فى مدى تأثرهم بالتلوث بالرصاص ، فأكثرهم تأثرا به هم صغار الأطفال والحوامل لقابليتهم المرتفعة لإمتصاص عنصر الرصاص ، فيظهر على صغار الأطفال نقص فى معدلات الذكاء (IQ) ، مع صعوبة فى التركيز قد تصل بهم إلى حالة تخلف عقلى ، ويرجع ذلك إلى ترسيب الرصاص بالمخ وما يحدثه من إعاقة لنمو خلايا المخ وباقى الجهاز العصبى ، كذلك فإن النمو العام للطفل يتأثر بذلك . وقد وجد أن أرتفاع معدلات الرصاص عند الحوامل أدت إلى نقص أوزان أجنتهن ، وقد ينتج عن ذلك التلوث ولادة أطفال متخلفين عقليا أو مشوهين .

يرى البعض أن من أسباب إنهيار الدولة الرومانية تلوث البيئة بالرصاص ، فقد كانت أوانى الطبخ والأكل تصنع عادة من الرصاص أو تطلى بالرصاص .

لكل ما سبق تتضح خطورة التلوث بالرصاص وأهمية تنقية الماء والهواء والغذاء من مصادر التلوث به ، ويمكن ذلك بإستبدال شبكات المياه الرصاصية وكذلك الوصلات الرصاصية ببدائل آمنة ، وعدم إستخدام الرصاص فى لحام صفائح ومعلبات الطعام وإستبدال الدهانات الرصاصية بأخرى مأمونة ومنع إضافة الرصاص لوقود السيارات .

الحد الأقصى المسموح به من الرصاص فى مياه الشرب 0.05 ملليجرام/ لتر.

الفضـــــة

الفضة silver (Ag) معدن قابل للطرق والتشكيل ، يوجد فى الطبيعة منفردا وفى مركبات ، موصل جيد للحرارة والكهرباء . تستخدم الفضة فى صناعة المجوهرات وفى صناعة العملات المعدنية وفى التصوير كما تدخل فى حشو

الأسنان . قد تتجمع بالجلد محدثة إلتهاب . رقمها الذرى 47 ووزنها الذرى 108 ووزنها النوعى 10.5 .

الموليبدينم

الموليبدينم molybdenum (Mo) عنصر معدنى صلب رمادى اللون ، يضاف إلى سبائك الصلب لتقويتها ، وتسمد به النباتات كأحد العناصر النادرة ، وتصنع منه بعض الصبغات . رقم الموليبدينم الذرى 42 ووزنه الذرى 96 ووزنه النوعى 10.2.

النحـــــاس

النحاس copper (Cu) معدن ذو لون بنى محمر ، قابل للطرق والتشكل ، موصل جيد للحرارة والكهرباء يستخدم فى صناعة الأسلاك الكهربائية .

ينتج معظم التلوث النحاسى عند إستخدام المبيدات الفطرية المحتوية على النحاس فى مقاومة الأمراض النباتية وأكثرها إستخداما فى ذلك أكاسيد النحاس وأكسيكلوريد النحاس . يستخدم كبريتات النحاس فى مقاومة القواقع التى تعول ديدان البلهارسيا .

يتحد النحاس مع هيموجلوبين الدم فى كرات الدم الحمراء مؤثرا بذلك على عمليات تبادل الأكسوجين مع ثانى أكسيد الكربون ومؤثرا بذلك على القدرة التنفسية.

الرقم الذرى للنحاس 29 والوزن الذرى 63.5 والوزن النوعى 8.96 . الحد الأقصى المسموح به فى ماء الشرب 1.0 ملليجرام/ لتر.

الـــكوبــــالت

الكوبالت cobalt (Co) معدن صلب فضى اللون سهل الكسر والتفتت . يوجد مع خامات النيكل والفضة والرصاص والحديد والنحاس . ويدخل فى صناعة السبائك المغناطيسية والتى تتحمل درجات حرارة مرتفعة ، كما يدخل فى صناعة ألوان السيراميك والزجاج الأزرق .
رقم الكوبالت الذرى 27 ووزنه الذرى 59 ووزنه النوعى 8.9 .

النيــــــكل

النيكل nikel (Ni) معدن صلب فضى اللون قابل للطرق ، يستخدم فى عمل سبائك ومنها البرونز وفى صناعة البطاريات والعملات المعدنية وفى طلاء بعض المعادن لتحسين مقاومتها للتآكل ، ويوجد ضمن مكونات السجائر فى صورة كربونيل النيكل . يتسبب عن زيادة التعرض له إلتهابات جلدية وضيق تنفس .
رقم النيكل الذرى 28 ووزنه الذرى 59 ووزنه النوعى 8.9.

الكـادمـــيوم

الكادميوم cadmium (Cd) معدن نادر الوجود ، لونه أبيض فضى ، لين وموصل جيد للحرارة والكهرباء . يتأكسد بسهولة فى الجو الرطب مكونا أكسيد الكادميوم (Cd O) يوجد الكادميوم فى الطبيعة ضمن خام جرينوكيت greenockite فى صورة كبريتيد الكادميوم (Cd S) . الرقم الذرى للكادميوم 48 والوزن الذرى 112 والوزن النوعى 8.65 .

يدخل الكادميوم فى صناعة بعض الصبغات . ويميز صبغات الكادميوم كونها صبغات ثابتة لا تذوب فى المذيبات العضوية وذات مقاومة عالية للقلويات . يدخل كبريتيد الكادميوم فى صناعة صبغات صفراء اللون ، كما تدخل مركبات كادميوم أخرى فى عمل صبغات برتقالية وحمراء . وتعتبر الصناعات البلاستيكية من أكثر

الصناعات إستخداما لصبغات الكادميوم . تدخل صبغات الكادميوم فى دهانات السيارات وفى صناعة دهانات للأدوات الحديدية ، وفى دهانات شاسيهات الراديو والتليفزيون . وأحيانا يدخل الكادميوم فى صناعة أحبار الطباعة وفى صبغ المنسوجات وفى تلوين الزجاج والسيراميك .

يدخل الكادميوم فى مركبات كلوريد الكادميوم ($Cd Cl_2$) وكبريتات الكادميوم ($Cd SO_4$) وأيدروكسيد الكادميوم ($Cd (OH)_2$) ، مع النيكل فى صناعة بطاريات يمكن إعادة شحنها rechargeable والتى تستخدم فى حاسبات الجيب الإلكترونية وفى الكاميرات وماكينات الحلاقة الكهربائية والخلاطات ونظم الإنذار وبادئات الحركة للمحركات ، وصناعة السبائك ومواد اللحام .

يتلوث الجو بالكادميوم الناتج عن إحتكاك إطارات السيارات بالأسفلت أثناء سيرها . كما قد تتلوث مياه الآبار من التربة المحيطة بها والمحتوية على معدلات كادميوم مرتفعة . وتزداد معدلات الكادميوم بالمحاصيل الزراعية والمروية بمياه آبار مرتفعة الكادميوم أو ملوثة بمخلفات صرف صناعى به تركيزات مرتفعة منه ، كما تزداد فى لحوم حيوانات تأكل من مزارع أو مراعى بها معدلات مرتفعة من الكادميوم ، حيث يزداد تركيز الكادميوم بأكباد وكلى تلك الحيوانات .

يعتبر الكادميوم من المعادن الثقيلة الضارة بالصحة ، يمتص الكادميوم بسهولة عن طريق الجهازين التنفسى والهضمى ، ويصل إلى الدم ويتراكم فى الكلى والكبد وتزداد معدلاته بهما عاما بعد آخر ، كما أن التخلص من هذا العنصر بطيئة .

يتسبب عن إستنشاق أبخرة الكادميوم حدوث تهيج للأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسى ، وحدوث إلتهاب فى القصبة الهوائية يؤدى إلى السعال ، وتورم بالرئتين مع صعوبة فى التنفس . يؤثر الكادميوم أيضا على العيون مسببا تهيجا .

قد يتسبب عن تراكم الكادميوم بالكلى تكوين حصوات ، وقد يؤدى ذلك إلى تسرب السكر والأحماض الأمينية فى البول ، وقد ينتهى بحالة فشل كلوى . كذلك فإن الكادميوم يعتبر ضارا بالدم وبالبروستاتا وقد يكون سببا فى الإصابة بسرطان البروستاتا. يؤثر التلوث بالكادميوم على تمثيل الكالسيوم بالجسم مما قد ينتج عنه لين عظام .

إرتفاع تركيز الكادميوم بمياه الأنهار والمحيطات يؤدى إلى حدوث زيادة كبيرة فى تركيزه بأجسام الأسماك والمحارات وغيرها من الأحياء المائية ، ومن هذه الأحياء يصل الكادميوم إلى الإنسان الذى يتغذى عليها .

الحد الأقصى المسموح به للكادميوم فى الهواء الجوى 0.1 ملليجرام / متر مكعب ، وفى مياه الشرب 0.005 ملليجرام / لتر ، والكمية التى يتحملها الشخص من مصادره المختلفة 0.4 إلى 0.5 ملليجرام أسبوعيا .

الحديد

الحديد iron (Fe) عنصر معدنى صلب لونه أبيض فضى قابل للطرق والتشكيل ، مغناطيسى أو يمكن مغنطسته ، يدخل فى تصنيع بعض السبائك . الرقم الذرى للحديد 26 ووزنه الذرى 56 ووزنه النوعى 7.87 . تعتبر صناعة الحديد والصلب، على المستوى العالمى مسئولة عن حوالى 25 % من الغبار المتصاعد فى الصناعة ، وذلك بجانب مسئولية هذه الصناعة عن حوالى 17 % من مجمل غاز ثانى أكسيد الكبريت المنبعث ، كما أن الغازات التى تبثها صناعة الحديد والصلب تحتوى على كميات ملموسة من غاز أول أكسيد الكربون السام والذى ينتج عن الإحتراق غير الكامل للوقود المستخدم .
الحد الأقصى المسموح به للحديد فى مياه الشرب 0.3 ملليجرام / لتر .

القصـــديـر

القصدير tin (Sn) معدن صلب فضى اللون قابل للتشكل ، يستخدم لتبطين معادن أخرى لمنع تآكلها . يدخل القصدير فى تركيب بعض السبائك . ومنها البرونز. يزداد تركيز القصدير فى الأغذية المعلبة .
الرقم الذرى للقصدير 50 ووزنه الذرى 119 ووزنه النوعى 7.31 .

المنجنيـــز

المنجنيز manganese (Mn) عنصر معدنى صلب ، لونه أبيض رمادى أو فضى ، يضاف المنجنيز إلى الصلب لزيادة قوته ومقاومته للتآكل .
رقم المنجنيز الذرى 25 ووزنه الذرى 55 ووزنه النوعى 7.21 إلى 7.44 . الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب 0.1 ملليجرام / لتر.

الكـــــروم

الكروم chromium (Cr) عنصر معدنى صلب مقاوم للتآكل ، يستخدم لتقوية سبائك الصلب ولإنتاج صلب غير قابل للصدأ stainless steel . يستخدم الكروم فى طلاء المعادن وفى الصباغة ودباغة الجلود وفى صناعة السيراميك وفى صناعة سبائك النحاس والصلب .
رقم الكروم الذرى 24 ووزنه الذرى 52 ووزنه النوعى 7.18 .
تسبب أبخرة الكروم حساسية للجلد وأغشية الأنف وحدوث رشح ، كما تضر الأبخرة بالجهاز التنفسى وتتسبب فى نقص الكفاءة التنفسية .
الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب 0.05 ملليجرام / لتر .

الزنـــــــك

الزنك zinc (Zn) عنصـر معدنـى لونـه أبيض مـزرق ، قـابل للتشـكيل عنـد تسخينه ، يدخل فى تركيب بعض السبائك مثل البرونز ، كما يدخل فى جلفنة الحديـد وفى صناعة الفيوزات الكهربائيـة ، كمـا يدخـل فـى تركيـب بعـض الأدويـة وبعـض المبيدات الفطرية .

رقم الزنك الذرى 30 ووزنه الذرى 65 ووزنه النوعى 7.13 .

الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب 5.0 ملليجرام / لتر .

الزرنيـــــخ

الزرنيخ arsenic (As) معدن صلب ، يختلف لونه من الأصفر إلـى الرمـادى والأسود ، وأكثرها وجوداً فى الطبيعة النوع الرمادى . هذا المعـدن شديد السمية .

رقم الزرنيخ الذرى 33 ووزنه الذرى 75 ووزنه النوعى 5.73 .

الخام الرئيسى أرسينوبيريت arsenopyrite الـذى يتركب مـن كبريتيد الحديد والزرنيخ (Fe As S) ، كما يوجد الزرنيخ مختلطاً مع خامات الرصـاص والحديـد والزنك والكوبلت . يوجد الزرنيخ ذائباً فى بعض المياه الجوفية بمعدلات عالية كمـا فى بعض المناطق باليابان والفليبين وأمريكا ، ويرجـع ذلـك إلـى إرتفـاع نسبته فـى أراضى تلك المناطق وقد يوجد بتركيزات مرتفعة فى الأحياء البحرية القاطنة بالمياه الملوثة به. وكثيراً ما يوجد الزرنيخ فى الجو بتركيزات قد تقل عـن 0.01 ملليجـرام/ متر مكعب فى الأجواء الريفية وقد تزيد عن 1.0 ملليجـرام/ متر مكعب فـى أجـواء المدن والمناطق الصناعية .

يدخل الزرنيخ فى بعض الصناعات ، كصناعـات حفظ الجلود والغراء وبعـض الدهانـات ، كمـا يدخـل فـى تركيـب بعـض المبيـدات الحشـرية ومنـها زرنيخـات الرصـاص ($Pb_3(AsO_4)_2$) وقد إستخدم هذا المبيد فـى رش زراعـات الدخـان

وكان سببا فى إرتفاع معدلات وجودة بالتبغ . ويدخل الزرنيخ فى تركيب بعض المستحضرات الطبية .

إذا تعرض الإنسان للزرنيخ سواء عن طريق الجهاز التنفسى أو الهضمى أو الجلد فإنه يمتص فى الأنسجة ويصل إلى الدم ، ومن الدم ينتقل إلى أجزاء الجسم المختلفة ويتجمع غالبا فى الكبد والكلى والطحال والجلد والشعر ، وقد يصل إلى البنكرياس والغدة الدرقية والقلب . يحدث الزرنيخ تهيجا للأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسى والتجويف الفمى والعيون . يتسبب الزرنيخ فى حدوث إضطرابات فى الجهاز العصبى . يظهر الأثر العام للتسمم بالزرنيخ فى حدوث ضعف عضلى عام وصداع وغثيان وقىء وفقد للشهية وأنيميا ، كما قد يتسبب فى إرتفاع ضغط الدم وحدوث إلتهابات جلدية . يعتبر الزرنيخ من العناصر المحفزة للإصابة بسرطانات الجلد والكبد والرئة ، وخاصة للعاملين فى الصناعات المرتبطة به .

يتراكم الزرنيخ فى الأظافر والشعر والجلد ، ويتخلص الجسم من بعض ما به من زرنيخ عن طريق البول وقص الشعر والأظافر .

الحد الأقصى المسموح به للزرنيخ 0.5 ملليجرام / متر مكعب فى الهواء الجوى و0.05 ملليجرام / لتر فى مياه الشرب .

الأسبســـــــــتس

الأسبستس asbestos عبارة عن خليط من مركبات السليكون silicon (Si) ، توجد فى الطبيعة ضمـــن معـــادن مختلفة ، وأهـــم مكوناتهـــا سليكات المغنسيوم ($MgSiO_3$) . يعتبر السليكون ثانى أكثر عنصر وجودا فى الأرض ، حيث يوجد فى السيليكا silca والتى تعرف بثانى أكسيد السليكون (SiO_2) والتى تعتبر المكون الرئيسى للرمال والكوارتز ، كمـا يوجد السليكون فـى مركبـات السليكات . توجد السليكات المكونة للأسبستس ضمـن ستة معـادن ليفيـة تدخـل فـى بعـض التركيبـات الصخرية ، ومنـها كريستوليت chrystolite وأموسيت amosite وكروسيدوليت crocidolite . عند تعدين الصخور المحتويـة علـى الأسبسـتس ينفصـل منـها الأسبستس بشكل بلـورات ، غالبـا مـا تكون فـى صـورة أليـاف رقيقـة جدا . تدخل السليكا فى تركيباتها الصخرية بمعدل 40 إلى 60 % . لا ترى ألياف الأسبستس عند وجودها فى الجـو بـالعين المجردة . فـى الصناعـة تخلـط أليـاف الأسبسـتس بمـواد أخرى تلصقها ببعضـها حتى يمكن إستخدامها فى أغراض مختلفة .

يستخدم الأسبستس كمنتج تجـارى هـام يجمـع مـا بيـن المتانـة والمقاومـة للتـآكل والمقاومة للحريق ، إضافة إلى أنه عازل جيد للصوت والحرارة والكهرباء . يدخل الأسبستس فى حوالى 3600 منتج تجارى ، تشمل صناعة الأقمشة المضادة للحريـق والعـوازل الحراريـة لأنـابيب ووصـلات أجـهزة التكييـف ، وفـى صناعـة العـوازل الحرارية للمكاوى الكهربائية ، وفى صناعة دهانات عازلة للحرارة تستخدم لدهـان الحوائط والأسقف وخزانات المياه الساخنة والغلايات . وحديثا أدخل الأسبستس فى صناعـة منتجـات بلاستيكية ، من ذلك أرضيـات مـن الفينيـل تعـرف بـاللينوليم linoleum. وقد إستخدم الأسبستس فـى عمليـات البنـاء حيث صنـع منـه الأسـمنت الأسبسـتوزى asbestos cement الـذى صنـع منـه أيضـا أنـابيب الصـرف وأنـابيب شبكات التهوية وأنابيب التوصيلات الكهربائية ، كمـا تصنـع منـه ألـواح مستوية أو

مموجة تستخدم فى الأسقف وفى طاولات المعامل . يدخل الأسبستس أيضا فى صناعة منتجات ورقية تشمل أوراق تغليف خطوط أنابيب البترول والغاز لحمايتها تحت الأرض من التآكل ، كما تصنع منه أوراق مقواة وأوراق حائط . يدخل الأسبستس أيضا فى صناعات المعادن والسيراميك للاستخدامات المرتفعة الحرارة ، وفى عمليات العزل الكهربائى وفى صناعة فرامل السيارات .

تستخدم أقمشة الأسبستس فى تصنيع منسوجات للأستخدام كملابس وستائر وملايات مقاومة للحريق ، وهذه الأنسجة تحتوى على معدلات مرتفعة من الأسبستس تصل إلى 85 % ، لكنها تغلف أو تشرب بمادة بلاستيكية حتى لا ينطلق منها الأسبستس فى الجو ، لكن يحدث ذلك عند تمزق تلك الأنسجة .

عند إنفصال ألياف الأسبستس من معادنها أو من المواد المصنعة منها فإنها تتعلق فى الجو ، ويصبح فى الإمكان وصولها إلى الجهاز التنفسى خلال فترات الشهيق ، ويتسبب عن ذلك حدوث مشاكل صحية خطيرة نتيجة لتدخلها فى الوظائف الطبيعية للرئتين ، فهى قد تحدث تهيجا لجدر الشعب الهوائية ، كما تتسبب فى حدوث تليف وتصخر غير رجعى للرئة ينتج عنه صعوبة فى التنفس يعرف بمرض الصفرى أو الأسبستوسز asbestosis . ومن الأمراض الخطيرة التى تنتج عن إستنشاق ألياف الأسبستس أمراض سرطان الرئة وسرطان الغشاء المحيط بفراغ البطن . لا تحدث تلك الأمراض بعد التعرض المباشر لألياف الأسبستس بل قد تحتاج إلى عشرين عاما أو أكثر حتى تظهر أعراض واضحة لتلك الأمراض . وعموما فكلما زادت فترات التعريض وزادت كميات الألياف المستنشقة كلما زادت فرص الإصابة ، ولهذا فإن معدلات الإصابة بهذه الأمراض تكثر بين العاملين فى تعدين الصخور المحتوية على الأسبستس وكذلك على العاملين فى الصناعة القائمة عليها .

لم تثبت وجود أضرار واضحة ناتجة على تلوث مياه الشرب بألياف الأسبستس، ولكن يعتقد بأن وجود كميات كبيرة منها فى مياه الشرب قد تكون سببا فى حدوث سرطان القناة الهضمية .

إستخدم الأسبستس بتوسع فى الصناعة حتى سنة 1960 حين إتضحت الأخطار الناتجة عن إستنشاقه ، فمنعت كثير من الدول المتقدمة إنتاجه وإستخدامه ، إلا أن بعض الدول لا زالت تقوم بإنتاجه وتصدره للدول النامية ، ولا زالت بعض الدول المتقدمة تنتجه وتستخدمه .
الحد الأقصى المسموح به للأسبستس فى الهواء الجوى 5 ميكروجرام/ سم ^{3}

تحدث حالات شبيهه بمرض الإسبستوسز بين صناع مناجم الفحم نتيجة للتعرض لأتربة الفحم ويسمى المرض الناتج بمرض الرئة السوداء black lung disease ، ويحدث مرض آخر مشابه بين عمال تعدين بعض الصخور المحتوية على السليكا ويسمى بمرض سل النحاتين silicosis ، ومرض ثالث يظهر بين العاملين فى حلج القطن وغزله وصناعة النسيج من ألياف القطن ويسمى بمرض الرئة البنية brown lung disease .

اللـــــدائـــن

عرفت صناعة اللدائن أو ما يعرف بالبلاستيكات plastics منذ حوالى ستين عاما ، وإنتشرت صناعاتها إنتشارا سريعا . دخلت اللدائن فى العديد من الصناعات والتى تشمل معظم نواحى النشاط الإنسانى ، فصنعت منها ألياف لعمل النسيج الصناعى والأقمشة والملبوسات حتى أصبحت منافسة لمثيلاتها الطبيعية المصنعة من الأقطان والحرائر والأصواف ، كما دخلت فى صناعة أدوات الأكل والشراب منافسة فى ذلك الصينى والزجاج ، ودخلت فى أدوات التعبئة والتغليف منافسة فى ذلك الأوراق والكراتين ، وإستخدمت فى عمل المقاعد والطاولات والموبيليات منافسة فى ذلك الأخشاب والمعادن ، وإضافة إلى ما سبق فقد إستخدمت اللدائن فى صناعة البويات والبراشوتات والعوازل الحرارية والكهربائية وغير ذلك من الصناعات .

اللدائن هى مواد عضوية شديدة الثبات وعالية المقاومة لعوامل البيئة الطبيعية والكيميائية والبيولوجية ، معظمها من أصل بترولى . تنتج اللدائن عن بلمرة مادة عضوية أولية يطلق عليها مونومر monomer ، وينتج عن البلمرة سلسلة طويلة من مجموعات كبيرة كربونية ، أى مكونة من عديد من المونومرات ، قد تتصل ذرات الكربون بها بعناصر أخرى منها الأيدروجين أو الأكسوجين أو النتروجين أو الكلور أو غيرها ، ويسمى ناتج عملية البلمرة بوليمرات صناعية synthetic polymers.

تقسم اللدائن إلى مجموعتين ، هما اللدائن المرنة حراريا واللدائن غير المرنة حراريا :

1 - اللدائن المرنة حراريا thermoplastics ويميزها أنها تسيح بالتعريض لدرجات حرارية مرتفعة وتعود لطبيعتها الصلبة ثانية بالتبريد ، ولهذا فإن هذه اللدائن يمكن إعاده تشكيلها ثانية بعد إسالتها .

تشمل اللدائن المرنة حراريا النايلون nylon ، الذى يستخدم فى صناعة الخيوط الصناعية والمنسوجات والحبال وشباك الصيد والباراشوتات ، ومنها الأكريلك acrylic الذى ينتج عن أكسدة خليط من الميثان والنشادر ويشبه فى خواصه الصوف ، لهذا فيصنع من الأكريلك بلوفرات وبطاطين وسجاد ، كما يدخل فى تصنيع المطاط الصناعى والزجاج المقاوم للكسر . ومن اللدائن المرنة البولى أيثيلين polyethylene الذى يحضر من بلمرة الأيثيلين (C_2H_4) ، ويصنع منه أقمشة رقيقة كالتى تستخدم فى صناعة القمصان والبلوزات ، كما يصنع منه أكياس وعلب وزجاجات بلاستيكية ولعب أطفال ، كما تدخل فى صناعة مواسير الرى والصرف الزراعى ، وكذلك فى تغليف الكابلات الكهربائية . ومن المركبات البلاستيكية المرنة مركبات كلوريد الفينيل vinyl chloride والتى تشمل كلوريد عديد الفينيل polyvinyl chloride والمعروف إختصارا بمركب PVC ، والذى يستخدم بتوسع فى صناعة المواسير المستخدمة فى الصرف الصحى ، ومنها أيضا عديد الكلوريد ثنائى الفينيل polychlorinated bivenyl والذى يدخل فى صناعة العوازل الكهربائية والجلود الصناعية والمطاط الصناعى ومواد التنجيد والبويات . ويعتبر كلوريد الفينيل الأحادى هو المادة الأولى فى صناعة مركبات عديد الفينيل ، وقد إستخدم كمادة دافعة للرذاذ فى معلبات المبيدات والعطور ورشاشات الشعر وغيرها.

2 - اللدائن غير المرنة حراريا thermosettings ، وهى مركبات لا تسيح بتعريضها لحرارة مرتفعة ، بل تتفحم بالحرارة ولا تعود لطبيعتها بالتبريد ولهذا فإنها لا يمكن إعادة تشكيلها . من هذه اللدائن الملامينات melamines التى يصنع منها أطقم الطعام والمقاعد والطاولات وغيرها من أنواع الموبيليات ، وقد أمكن صناعة خشب حبيبى من الملامين مع نشارة الخشب . ومن أنواع اللدائن غير المرنة الأخرى التفلون teflon ، الذى يمتاز بمقاومته العالية للحرارة والكيماويات لهذا فإنه يستخدم فى تبطين أوانى الطهى كما تصنع منه بعض أجزاء السيارات ،

ويمتاز بأن المحركات التى تصنع منه لا تحتاج إلى تشحيم . ومن المركبات البلاستيكية غير المرنة فورمالدهيد الفينول phenol formaldehyde الذى يستخدم فى تصنيع بعض الأخشاب الصناعية والأدوات الكهربائية . ومنها أيضا فورمالدهيد اليوريا urea formaldehyde ، الذى يستخدم فى تصنيع البلاستيك المقوى ، كما يصنع منه مواد مسامية عازلة للحرارة . فورمالدهيد اليوريا محظور إستخدامه فى أطقم الطعام وأوانى حفظ الغذاء ، ذلك أنه يتحلل بتعرضه للحرارة ، كما يحدث عند وضع طعام ساخن فى أوانى مصنعة منه أو عند تعريض هذه الأوانى لأشعة الشمس ، أو عند إحتكاكها بمواد صلبة كأسلاك التنظيف أو عند الطرق عليها ، عندئذ تختلط نواتج تحللها بالطعام أو الشراب . فورمالدهيد اليوريا مادة بلاستيكية مسرطنة ، ورغم ذلك فإن البعض يصنع منها أطقم طعام رخيصة ويسوقها على أنها مصنعة من الملامين مستغلاً صعوبة تمييزها عن الملامين إلا عن طريق معامل تحليل خاصة .

وقد ثبتت خطورة إستخدام الأكياس البلاستيكية فى نقل وحفظ الغذاء وخاصة الأغذية الدهنية والأطعمة الساخنة ، إذ قد يحدث تفاعلات بين العبوات البلاستيكية والطعام . كما ثبتت أيضاً خطورة حفظ الدم فى أكياس بلاستيكية إذ قد تتسرب بعض المكونات البلاستيكية إلى الدم ، من ذلك مركبات الفثالات phthalates وقد ثبت أيضاً إمكان تسرب تلك المركبات من دم الأم إلى دم جنينها فتلوثه قبل أن يولد .

اللدائن مركبات شديدة الثبات فى الطبيعة ، قد يستغرق تحللها أكثر من خمسين عاماً ، وتشكل بذلك مشكلة قمامة نظراً للتوسع الكبير فى إستخدامها كذلك فإن حرق تلك المواد البلاستيكية قد ينتج عنها غازات شديدة السمية أخطرها فى ذلك مادة ديوكسان dioxane ($C_4H_8O_2$) وقد ثبتت الآثار الضارة للكثير من اللدائن على صحة الإنسان والحيوان ، فبعضها مثل كلوريد الفينيل تتجمع فى دهون أجسام الكائنات الحية ، وبهذا يظهر الضرر التراكمى نتيجة لتكرار التعرض لها . وقد

عرف ذلك عام 1969 عندما مات حوالى عشرة آلاف طائر بالبحر الأيرلندى نتيجة تغذيتها على أسماك كانت نامية فى مياه ملوثة بمركبات عديد الكلوريد ثنائى الفينيل . يظهر التسمم الشديد بهذا المركب عند وصوله إلى الجهاز الهضمى عند التغذية على أغذية ملوثة به ، فيحدث ضيق فى التنفس مع غثيان وآلام فى البطن وإستسقاء فى الأيدى والوجه ، كما قد يتسبب فى حدوث سرطان بالكبد والرئة . وتظهر أضرار



شكل 50 : ماعز يرعى فى قمامة متناثرة

هذا المركب على الإنسان عند تعرضه لجو ملوث بأبخرته متسببة فى حدوث جفاف بالجلد مع رغبة فى حكه بشدة . لكل هذه الأضرار فإن كثير من الدول حرمت إستخدام مركبات كلوريد الفينيل فى تصنيع عبوات الشراب و الغذاء و الدواء ، ويفضل عليه فى هذه الإستخدامات لدائن البولى أيثيلين . كذلك فقد ثبت أن مركبات كلوريد الفينيل تسبب للأغنام التى تأكله وخاصة الماعز و التى قد تأكله مع ما تأكله من قمامة أضرار صحية تظهر غالباً على الكلى . وقد تنتقل هذه المركبات للإنسان عند تغذيته على لحوم هذه الأغنام (شكل 50).

الغـــازات الســـامـــة

عرفت الحروب الكيميائية منذ أزمنة بعيدة ، فقـد عرفـها الإغريـق وإستخدموها فى حروبهم منذ ما يزيد عن ألفى عام ، فصنعـوا خليطـاً قـابلاً للإشـتعال مكونـاً مـن الكبريت والفحم والقطران وينتج عن إحتراقه غازات سامة منها ثانى أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربـون . ويطلق الخليط المشتعل بواسـطة قـاذفات قويـة تعـرف بالمنجانيق ، على أعدائهم .

أثنـاء الحـرب العالميـة الأول 1914-1918 ، إسـتخدمت الأطـراف المتحاربـة الغازات السامة بتوسع . بدأ الفرنسيون ذلك عـام 1914 بإستخدام غـازات مسيلة للدموع لإيقاف الزحف الألمانى . رد عليهم الألمان بإستخدام غاز الكلور السام سنة 1915 ، ثم أتبعوه بغاز آخر أشد سمية هو الفوسجين phosgene ($CO\ CL_2$) والذى يتركب من كلوريد الكربونيل carbonyl chloride. فى العـام التـالى 1916 إستخدم الروس غازاً ساماً آخر هو كلوريد الكبريل sulfuryl chloride ($S\ O_2\ Cl_2$). وفـى عـام 1917 إكتشـف الألمـان غـاز الخـردل mustard gas وإستخدموه ضـد قـوات الحلفاء. وهكذا تنافس طرفى النزاع فى البحث عن غازات مدمرة للإنسان والحياة، يستخدمها كـل طـرف ضـد عدوه فيقتـل المحــارب وغـير المحــارب ... الرجــال والنساء... الكبار والأطفال ... وتسـتحدث بإسـتمرار غـازات سـامة جديـدة ، ورغـم المنع الدولى من إستخدام الغازات السامة فى الحروب وإعتبارها من أسلحة الدمـار الشامل ، إلا أن بعض الدول لا زالت تنتجها وتخزنها ، وقد تستعملها سراً .

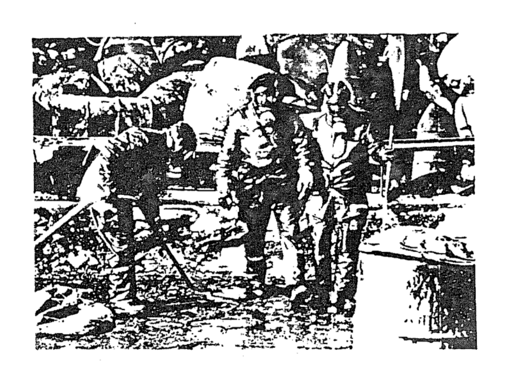
يمكن تصنيف الغازات السامة وفقا لنوعية التأثير الفسيولوجى لها على الإنسـان إلى ما يأتى :

1- غـازات مسيلة للدمـوع ، وهـى غـازات غير قاتلـة مهيجـة للعيـون ، ومصـرح بإستخدامها لفض المظاهرات ومنها غاز كلوروإسيتوفين .

2- غازات الدم ، وهى تؤثر على خلايا الدم فتوقف نشاط أنزيمات الأكسدة بها متسببة فى حدوث فقر دم ومنها غاز سيانيد الكلور .

3- غازات كاوية وهى تؤثر على الجلد والعيون والأنف والقصبة الهوائية والأوعية الدموية محدثة نقصا فى كرات الدم البيضاء ، ومضرة بالجهازين الهضمى والتنفسى .

4- غازات خانقة ، وهى تؤثر على الجهاز التنفسى متسببة فى تلف الشعب الهوائية والحنجرة والأغشية المبطنة للقصبة الهوائية ، وينتج عن ذلك ضيق فى التنفس قد يؤدى إلى الوفاة . من هذه الغازات غاز الفوسجين . يستخدم الفوسجين فى صناعة بعض أنواع اللدائن والزجاج والصبغات .



شكل 51 : قناعات واقية لتقى الوجه أخطارا كثيرة من الغازات السامة

5- غازات الأعصاب ، وهى غازات تهاجم الجهاز العصبى ، ويتسبب عنها صعوبة فى التنفس وتقلص وتشنج فى العضلات وغثيان وصداع وكحة وإفراز لعاب بكثرة ومغص وإسهال وتبول وتبرز لا ارادى وإغماء وغيبوبة ، ومن هذه الغازات استيل كولين acetylcholine و سارين .

إستخدمت الأقنعة الواقية أثناء الحروب الكيماوية ، والتى تحتوى على مرشحات تحتوى أساسا على الفحم وايدروكسيد الكالسيوم وايدروكسيد الصوديوم لحجز الغازات السامة ، ولكن ثبت عدم جدوى إستخدام تلك المرشحات فى بعض الحالات كما فى حالة غاز الخردل (شكل 51) .

ملـــوثات أخــــــرى

تضم هذه الملوثات مجموعة غير متجانسة من الكيماويات الواسعة الإنتشار فهى تضم بعض المعادن غير الثقيلة تشمل الصوديوم والبوتاسيوم والألومنيوم والكالسيوم والبريلليم ، وعنصر غير معدنى هو السلينيم ، ومركبات السيانيد.

الصـوديـم

الصوديم sodium (Na) عنصر معدنى لين خفيف الوزن قابل للتشـكل ، لونـه أبيض فضى ، يتفاعل بشدة مع المـاء ، رقمـه الـذرى 11 ووزنـه الـذرى 23 ووزنـه النوعى 0.97 . الصوديم معدن واسـع الإنتشـار فـى القشـرة الأرضيـة ، وهـو أكثر العناصر المعدنية وجودا فـى ميـاه البحـار والمحيطـات حيـث يوجـد بنسـبة 1.06 % معظمها فى صورة كلوريد الصوديم (Na Cl) المعروف باسم ملح الطعام ، والـذى يستخدم فى إعداد الطعام ، كما يستخدم كمادة حافظة عند التخليل .

الصوديم من العناصر الضرورية للجسم ، ذلك أنه يعطي للدم قلويتـه ، كمـا أنـه يحافظ على الضغط الأسموزى للخلايا ، وتظهر أهميته فى الجو الحار الجاف عندما يفقد من خلايا الجسم مع العرق مؤدياً إلـى ظـهور أعـراض ضـربـة الشـمس . ومـع أهمية الصوديم للإنسان . إلا أن زيادتـه ضـارة بالجسم حيث يتسـبب عـن زيادتـه إرتفاع ضغط الدم وإزدياد تمدد الأوعية الدموية .

من مركبات الصوديوم ، الصودا الكاوية أى أيدروكسيد الصوديوم (Na OH)، التى تستخدم فى صناعـة الصـابون وفـى التنظيـف والتبييض بعد تخفيفـها بالمـاء ، وكثيراً ما ينتج عنها حوادث منزلية مؤلمة للأطفال عندما تختلـط عليـهم مـع اللبـن ، فيشربونها ، وينتج عن ذلـك حـدوث إلتـهاب شـديد كـاو للبلعـوم والقصبـة الهوائيـة .

ومن أملاح الصوديوم الأخرى بنزوات الصوديوم والتى تستخدم فى العجائن لرفعها، وفى المياه الغازية والمياه المعدنية لأحداث فوران .

الحد الأقصى المسموح به من الصوديم فى مياه الشرب 200 مليجرام/ لتر.

البوتاسيـــوم

البوتاسيوم potassium (K) عنصر معدنى أبيض فضى اللون خفيف الوزن ، رقمه الذرى 19 ووزنة الذرى 39 ووزنه النوعى 0.86 يستخدم البوتاسيوم أساساً فى تسميد المحاصيل الزراعية فى صورة كبريتات أو نترات البوتاسيوم.

من مركبات البوتاسيوم كربونات البوتاسيوم (K_2CO_3) ، الذى يستخدم فى صناعة الزجاج والسيراميك والصبغات ، وكلورات البوتاسيوم ($KClO_3$) المركب السام الذى يستخدم كعامل مؤكسد ومبيض ومطهر ، كما يدخل فى صناعة المفرقعات والألعاب النارية ، ومركب سيانيد البوتاسيوم (KCN) الشديد السمية والذى يستخدم فى إستخراج الذهب والفضة من خاماتهما ، كما يستخدم فى التصوير وفى التبخير ضد الحشرات . ومن أخطر مركبات البوتاسيوم أيدروكسيد البوتاسيوم والمعروف بالبوتاسا الكاوية (KOH) والتى تستخدم كالصودا الكاوية فى التنظيف بالمنازل بعد تخفيفها بالماء ، وقد يشربها الأطفال على أنها لبن فتحدث لهم تلف شديد كاو للمرىء والقصبة الهوائية ، وتستخدم البوتاسا الكاوية أيضا فى صناعة الصابون.

الألومنيوم

الألومنيوم aluminum (Al) معدن صلب أبيض فضى قابل للطرق موصل جيد للحرارة والكهرباء ، رقمه الذرى 13 ووزنة الذرى 27 ووزنة النوعى 2.7 .

ويعتبر الألومنيوم أكثر المعادن وجوداً بالقشرة الأرضية حيث يوجد ضمن مركبات عديدة أهمها البوكسيت bauxite والذى يحتوى على 30 إلى 75 % من أكسيد الألومنيوم المائى ($Al_2O_3 .n H_2O$) مختلطاً معه أكسيد الحديديك والسليكا كشوائب . يستخدم الألومنيوم فى عمل سبائك خفيفة ومتينة ومقاومة للتآكل .

ينتج ضمن عوادم صناعة الألومنيوم غاز الفلور الشديد السمية وكذلك مركب بنزبيرين benzpyrene المسرطن .
الحد الأقصى المسموح به فى ماء الشرب 0.2 ملليجرام / لتر.

الكالسيوم

الكالسيوم calcium (Ca) عنصر معدنى صلب لونه فضى ، رقمه الذرى 20 ووزنه الذرى 40 ووزنه النوعى 1.55 . يكون الكالسيوم حوالى 3 % من وزن القشرة الأرضية . يوجد الكالسيوم فى صخور الحجر الجيرى ($Ca CO_3$) والجبس ($Ca SO_4$) والفلوريت ($Ca F_2$) . الكالسيوم هو المكون الأساسى للعظام والأسنان وأصداف الحيوانات البحرية ، كما يدخل فى تركيب المادة اللاحمة لجدر الخلايا النباتية والتى تعرف بالصفيحة الوسطى middle lamella . الكالسيوم من العناصر الضرورية للنمو الطبيعى للجسم ، إلا أن زيادته فى الماء مع بعض الأملاح الأخرى كأملاح المغنسيوم يتسبب عنها عسر فى الماء مما يصعب معه إحداث رغاوى مع الصابون ، فإذا ما وصلت نسبة الأملاح المسببة لعسر الماء إلى 200-300 جزء فى المليون إعتبر الماء غير صالح لشرب ، حيث أن تكرار شرب الماء العسر يتسبب عنه تكوين حصوات وحدوث إضطرابات فى الجهاز البولى .
الحد الأقصى المسموح به فى ماء الشرب 200 ملليجرام / لتر .

البريلليـــيم

البريلليم beryllium (Be) معدن رمادى اللون خفيف سـريع الإنصـهار مقـاوم للتآكل ، رقمه الذرى 4 ووزنه الذرى 9 ووزنه النوعى 1.85 .

يدخل البريلليم فى صناعة سفن الفضاء وكذلك فى صناعة سبائك النحـاس لعمل الموصلات الحرارية والزنبركات . يعتبر الفحم أكبر مصادره تلوثا للبيئة .

التعرض لأتربـة البريلليم يتسبب عنـها مرض تغير الرئـة pneumoconiosis وحدوث التهابات فى الأنف والبلعوم . الحد الأقصى المسـموح بـه فـى مـاء الشـرب 0.2 ملليجرام / لتر.

السلينيـــم

السلينيم selenium (Se) عنصر غير معدنى ، أحمـر اللـون عنـد وجـوده فـى حالة مسحوق وأسود اللون عند وجوده فى شكل زجاجى ورمادى اللون عندما يكون فى صورة بللورات ، رقمه الذرى 34 ووزنه الذرى 79 ووزنـه النوعـى 4.3 للنـوع الأسود و 4.8 للنوع الرمادى .

السلينيم عنصر ضرورى يحتاجه الجسم بكميات ضئيلة للغاية ، وله أهمية كبـيرة فى الوقايـة ضـد بعض الأمـراض مثـل أمـراض السـرطان . ويوجـد السـلينيم فـى الطبيعة فى عدة خامات تحتوى مع السلينيم على عناصر أخرى منها الفضة والزنـك والنحاس .

يستخدم السلينيم فى صناعة الخلايا الضوئيـة ، كمـا يضـاف إلـى سـبائك الحديـد الزهر ، والنحاس والصلب لتحسين خواصها ، كما يدخل فى صناعـة الزجـاج وفـى عمليات تحميض الصور وطباعتها .

السلينيم كعنصر فإنه غير سام ، لكن كثير من مركباته سامة ، من ذلك غاز سلينيد الأيدروجين ($H_2 Se$) وملح سلينات الصوديوم ($Na_2 Se O_4$) وحمض السلينيك ($H_2 Se O_4$) الذى ينتج عن ذوبان أكسيد السلينيم فى الماء .

تدخل مركبات السلينيم إلى جسم الإنسان عن طريق الجهاز الهضمى وتتركز فى الكلى و الكبد ، وقد تنتقل من الأم إلى الطفل الرضيع عن طريق لبن الأم. تتسبب زيادة معدلات السلينيم فى الجسم عن الحدود القصوى فى حدوث إضطرابات معدية معوية مع ظهور تلون للجلد وحدوث تسوس للأسنان .

الحدود القصوى المسموح به لعنصر السلينيم 0.01 ملليجرام / لتر فى مياه الشرب و 0.2 ملليجرام / متر مكعب فى الهواء الجوى.

السيانيدات

السيانيدات cyanides (CN^-) هى أملاح حمض الهيدروسيانيك hydrocyanic acid (HCN) ، وهو حمض شديد السمية ، ومعظم أملاحه تذوب فى الماء . تدخل السيانيدات فى كثير من العمليات الصناعية والتى تشمل الصبغات وصناعة المطاط الصناعى ونعال الأحذية ، وبعض صناعات اللدائن فمنها الأكريلونتريل acrylonitrile ($H_2C:CNCN$) ، الذى يستخدم فى صناعة ألياف ومطاط الأكريلك acrylic ويعتبر الأكريلونتريل بديلاً للأسبستس . تدخل السيانيدات أيضاً فى صناعة بعض المبيدات الحشرية .

ويستخدم سيانيد الصوديوم (Na CN) كمذيب للذهب والفضة عند إستخلاصهما من خاماتهما ، ويمكنه أيضاً إذابة الرصاص والزئبق والنيكل والنحاس والحديد والألومنيوم والمغنسيوم . كما تستخدم السيانيدات فى الطلاء الكهربانى للمعادن بها .

إضافة الكلور إلى الماء تساعد على تحويل السيانيدات إلى سيانات cyanates (-OCN) أقل سمية ، وقد تتحول بعد ذلك إلى ثانى أكسيد الكربون ونتروجين . والسيانات هى أملاح حمض السيانيك (HOCN) ، وهو حمض سام غير مستقر سريع التطاير .

معظم السيانيدات تصل للإنسان عن طريق الطعام . يمتص أيون السيانيد بسهولة محدثا تأثيرات سامة ، حيث تثبط من قدرة الخلايا على إمتصاص الأكسوجين ، وقد وجد أن طهى الطعام يفسد معظم السيانيدات غير العضوية .

الحد الأقصى المسموح به للسيانيدات فى مياه الشرب 0.05 ملليجرام / لتر.

الجزء السادس

التشريعات لمكافحة التلوث

التشريعات لمكافحة التلوث

﴿ ظهر الفساد فى البر والبحر بما كسبت أيدى الناس ليذيقهم بعض الذى عملوا لعلهم يرجعون ﴾ * صدق الله العظيم

تشير الآية الكريمة بالتدهور فى بيئة الأرض يابسها ومائها ، وأن هذا التدهور يرجع إلى أفعال الناس غير السوية ، وأن أعمال الناس المفسدة للبيئة البرية والبحرية سيرتد أثرها السيئ عليهم ويتجرعوا نتيجة أعمالهم ، وأنه يجب عليهم أن يقلعوا عما فعلوا من سيئات أفسدت حياتهم.

لقد أفسد الإنسان بيئة الأرض جواً وبراً وبحراً بما أضافه إلى البيئة من منتجات ومخلفات ... صلبة وسائلة وغازية ... عضوية وغير عضوية ... مشعة وغير مشعة ... ، زادت عن قدرة عوامل الطبيعة على التنظيف الذاتى لبيئة كوكبنا الذى نقطنه ، إضافة إلى ما صاحب النهضة الصناعية والتكنولوجية من تلوث سمعى وتلوث حرارى وتلوث فضائى. لهذا كان من الضرورى أن يتحرك الحكماء ويتدخل ذوى النفوذ وأصحاب السلطان ، للعمل على إيقاف أو تقليل هذا التلوث الممرض والقاتل لساكنى الكرة الأرضية من إنسان وحيوان ونبات وكائنات دقيقة. فكان المؤتمر العالمى للبيئة البشرية الذى إنعقد فى ستوكهلم عام 1972 ، كما وقع بلندن فى نفس العام عديد من الدول على إتفاقية لمنع تلوث البحار وفيه حظرت الدول الموقعة حظراً تاماً من إلقاء المواد الشديدة السمية والشديدة الضرر فى المياه البحرية. وفى عام 1977 حث برنامج الأمم المتحدة للبيئة على عدم تصدير المواد الضارة والمحظور إستخدامها فى بلد المنشأ إلى بلاد أخرى مستوردة لتلك المواد دون إبلاغ سلطات البلاد المستوردة بأضرارها. تبع ذلك فى عام 1979 صدور قرار من الجمعية العمومية للأمم المتحدة تدعو فيه الدول الأعضاء لتبادل المعلومات

* سورة الروم : 41

بشأن المواد الكيميائية الخطرة والمحظور إستخدامها فى أراضيها. وفى عام 1985 صدرت إتفاقية فينا لحماية طبقة الأوزون. توالت بعد ذلك المؤتمرات ، فكان بروتوكول مونتريال بكندا سنة 1987 الذى تقرر فيه إنتاج مركبات الكلوروفلوروكربون عند الحد الذى وصلت إليه آنذاك ، على أن يخفض إنتاجه بنسبة 20 % إبتداء من عام 1993 ، ثم يعاد خفضه ثانية إلى 50 % عام 1998. عقب ذلك عقد مؤتمر فى لاهاى سنة 1989 حول حماية الأجواء الأرضية ، ثم عقد مؤتمر قمة الأرض فى ريو دى جانيرو بالبرازيل سنة 1992.

إنعقدت المؤتمرات المذكورة فى أنحاء مختلفة من الكرة الأرضية ... شرقاً وغرباً ... شمالاً وجنوباً ، وصدرت عنها توصيات ، هدفها العمل على إيقاف تدهور بيئة الأرض ومحاولة الوصول إلى إصلاح ما تم إفساده بها ، وقد كانت تلك المؤتمرات دافعة للشعوب وللمنظمات الشعبية ، على نشر الوعى البيئى وبيان الأضرار التى تنتج عن تلوث البيئة على الصحة العامة للأجيال الحالية والأجيال المستقبلية ، وأهمية حماية البيئة من ملوثاتها. كما كان من نتائج تلك المؤتمرات والضغوط الناتجة عن نداءات ومطالبات المنظمات غير الحكومية الأثر الكبير الدافع للحكومات فى أن تتخذ بالتشريع ما يكفل حماية البيئة والحد من تلوثها ، وأن تبرم مع غيرها من الحكومات الإتفاقيات الدولية التى تكفل منع التلوث وإنتقال أضراره من مكان فى العالم إلى مكان آخر.

التشريعات المصرية كانت سباقة فى العمل على حماية البيئة إلا أنه وللأسف الشديد لم يكن لما تم سنه من قوانين وما تشمله من عقوبات على المخالفين ما يردع بما فيه الكفاية ، ولم يكن التنفيذ لتلك القوانين صارماً للدرجة التى تحد الناس من مخالفتها وإنتهاكها. نذكر فيما يلى بعضاً من تلك التشريعات.

- القانون رقم 453 لعام 1945 والمعدل بالقانون 359 لعام 1956 والخاص بتحديد الأتربة والأدخنة التى تتصاعد من بعض المحال التجارية والصناعية.

2 - القانون رقم 45 لعام 1949 الذى ينظم إستخدام مكبرات الصوت ، وبمقتضاه يحظر إستعمال أو تركيب مكبرات الصوت سواء فى المحال العامة أو الخاصة أو فى المنازل أو فى الحفلات ، كما يجب أن لا يستعمل مكبر الصوت إلا فى مكان لا يقل عن 200 متر مربع وأن لا يتجاوز صوته الحضور.

3 - القانون رقم 372 لسنة 1956 ، وبمقتضاه يحظر التدخين فى الأماكن العامة المغلقة .

- القانون رقم 38 لعام 1967 والخاص بالنظافة العامة .

- القرار الجمهورى رقم 846 لسنة 1969 والخاص بإنشاء لجنة عليا لحماية الهواء من التلوث ، والذى أتبع بصدور قرار من وزير الصحة عام 1971 بتحديد المعايير الواجب توفرها فى الهواء النظيف ، وقد أنشىء بعد ذلك سنة 1994 جهاز لشئون البيئة بغرض حماية وتنمية البيئة ، ثم أخيراً سنة 1997 أنشئت وزارة لشئون البيئة .

6 - القانون رقم 137 لعام 1981 ، والخاص بتنظيم العمل ، وبمقتضاه يتوجب على أية منشأة توفير وسائل السلامة والأمان والصحة المهنية فى أماكن العمل.

7 - القانون رقم 48 لسنة 1982 فى شأن حماية نهر النيل والمجارى المائية من التلوث ، وفيه يحظر صرف المخلفات الصناعية والصحية فى المجارى المائية إلا وفقاً لضوابط خاصة.

- القانون رقم 4 لسنة 1994 فى شأن حماية البيئة من التلوث ، متضمناً العديد من الأحكام التى تضمنتها تشريعات سابقة ، ومغلظة العقوبات عن سابقاتها ، وذلك حتى تكون رادعة للمخالفين ولحماية الإنسان من المخاطر التى تنتج عن تلوث البيئة.

وبمقتضى القانون الأخير أصبحت المنشآت ملزمة بإتخاذ الإجراءات الضرورية لمنع إنبعاث وتسرب ملوثات الهواء بما يجاوز الحدود القصوى المسموح بها ، كما يحظر القانون إستخدام آلات أو محركات أو تسيير مركبات ينتج عنها عوادم تجاوز حدود المسموح ، كما يمنع القانون إلقاء أو حرق قمامة أو

مخلفات صلبة إلا فى الأماكن المخصصة لذلك ، وعلى أن تكون بعيدة عن المناطق السكنية والصناعية والزراعية والمجارى المائية. كذلك فقد حظر القانون رش أو إستخدام مبيدات الآفات أو أية مركبات كيميائية أخرى لأغراض الزراعة أو الصحة العامة أو غير ذلك إلا بعد مراعاة الشروط والضوابط والضمانات التى تحددها اللائحة التنفيذية ، كما حظر القانون تداول المواد والنفايات الخطرة بغير ترخيص. وطبقاً للقانون يراعى أن تكون مجموع الأصوات المنبعثة من المصادر الثابتة فى نطاق المسموح به. كذلك فقد حظر القانون التدخين فى وسائل النقل العام وفى الأماكن العامة المغلقة إلا فى حدود أماكن مخصصة لذلك. وحظر القانون على جميع السفن أيا كانت جنسيتها تصريف أو إلقاء الزيت * أو المزيج الزيتى** فى المياه الإقليمية ، كما يحظر القانون تصريف مياه الصرف الصحى الملوثة وكذلك القمامة والفضلات داخل المياه الإقليمية.

وقد صدرت اللائحة التنفيذية لهذا القانون فى أبريل سنة 1995 ، وسمح للمنشآت القائمة وقت صدور القانون بثلاثة سنوات من تاريخ صدور اللائحة لتوفيق أوضاعها.

وقد بينت اللائحة التنفيذية طريقة تقييم الآثار البيئية للمنشآت والمشروعات. حيث قسمت المشروعات إلى ثلاثة فئات تبعا لشدة الآثار المحتملة وأدرجتهم فى ثلاثة قوائم ؛ مشروعات القائمة البيضاء وهى ذات الآثار البيئية الضئيلة ، ومشروعات القائمة الرمادية والتى يمكن أن تحدث آثارا بيئية هامة ، ومشروعات القائمة السوداء والتى ينتج عنها آثارا بيئية خطيرة.

---

* يقصد بالزيت جميع أشكال البترول الخام ومنتجاته ويشمل أى نوع من أنواع الهيدروكربونات السائلة أو زيوت التشحيم أو زيوت الوقود والزيوت المكررة وزيت الأفران والقار وغيرها من المواد المستخرجة من البترول أو نفاياته.

** يقصد بالمزيج الزيتى كل مزيج يحتوى على كمية من الزيت تزيد عن 10 جزء فى المليون.

9 – وأخيرا صدر قانون الطفل رقم 12 سنة 1996 ، فى ضوء إتفاقية الأمم المتحدة لحقوق الطفل لسنة 1989 ، وقد تضمن فى أحد مواده حظر إضافة اية مواد حافظة أو أية إضافات ينتج عنها تلوث لأغذية الرضع والأطفال.

نأمل فى ضوء ما صدر من توصيات دولية وقوانين ولوائح محلية أن نشهد عصراً جديداً تعود فيه الكرة الأرضية وبيئتها إلى نظافتها الأولى بعد أن يتوقف إنتاج مختلف الملوثات ، وقيام مكونات البيئة فى تنظيف نفسها مما أصابها من ملوثات ، حتى تصبح صالحة لإستمرار الحياة وازدهارها .

المـراجــع

المراجع العربية

1. أبو السعود ، عبد اللطيف (1992) : ألوان من الطاقة . سلسلة العلم والحياة ، القاهرة .
2. إسلام ، أحمد مدحت (1990) : التلوث مشكلة العصر. عالم المعرفة ، الكويت .
3. الأعوج ، طلعت إبراهيم (1994) : التلوث الهوائي والبيئة. جزء أول وثاني ، سلسلة العلم والحياة ، القاهرة.
4. الأعوج ، طلعت إبراهيم (1994) : التلوث المائي . جزء أول وثاني ، سلسلة العلم والحياة ، القاهرة .
5. حميد ، محمود أحمد (1995) : أهم المشاكل البيئية في العالم المعاصر ، التلوث ، التصحر. دار المعرفة، دمشق.
6. شعبان ، سعد (1992) : تقتب في الفضاء . إقرأ ، دار المعارف ، القاهرة.
7. طنطاوي ، حامد حسين ومسعود خليفة وفيلكس يوسف جرجي (1990) : حماية البيئة من التلوث بالفيروسات ، دار الراتب الجامعية ، بيروت .
8. عبد السلام ، علي زين الدين ومحمد عبد الرضى عرفات (1992) : تلوث البيئة ثمن للمدنية ، المكتبة الأكاديمية ، القاهرة.
9. العروسي ، حسين (1985) : حماية البيئة من التلوث بالمبيدات الزراعية. الندوة الأولى لحماية البيئة ، ليبيا
10. العروسي ، حسين (1993) : التلوث المنزلي . سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع ، مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية.
11. العروسي ، حسين(1997) : الشمس أم الطاقات وأنظفها . سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع ، مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية.
12. العروسي ، حسين (1997) : الماء والحياة . سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع ، مكتبة المعارف الحديثة، الإسكندرية.
13. العروسي ، حسين وسمير ميخائيل ومحمد علي عبد الرحيم (1996) : مكافحة الأمراض النباتية . مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية.
14. العروسي ، حسين وسمير ميخائيل ومحمد علي عبد الرحيم (1997) : أمراض النبات . دار المطبوعات الجديدة ، الإسكندرية .
15. عريان ، نظمة صبحي (1989) : صحة الإنسان بين الأغذية المحفوظة والمعلبات ، إقرأ ، دار المعارف، القاهرة .
16. لعفي ، جورج وهبة (1970) : ماذا نستخرج من البترول . إقرأ ، دار المعارف ، القاهرة.
17. لعفي ، جورج وهبة (1985) : عصر الطاقة الشمسية . إقرأ ، دار المعارف ، القاهرة.
18. لافون ، روبرت – ترجمة نادية القباني (1977) : التلوث . قضايا الساعة ، ترادكسيم ، جنيف.

19. لافون ، روبرت – ترجمة موسى بدوى (1977) : أزمة الطاقة . قضايا الساعة ، ترادكسيم ، جنيف .
20. النجار ، مبروك سعد (1994) : تلوث البيئة فى مصر . المخاطر والحلول ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة.

المراجع الأجنبية

1. Abramovitz, I.N. (1996) : Imperiled waters, impoverished future: The decline of freswater ecosystems. Worldwatch paper 128, Wash.
2. Bernard, H.W. (1980): The greenhouse effect. Bullinger Pub, Mass.
3. Dineley, D. (1974): Earth's voyage through time. Sci. Bo. Cl., Lond.
4. Gardner, G. (1997): Recycling organic wastes, from water pollutant to farm resource. Worldwatch paper 135, Wash.
5. Gofman, J.W. (1983) : Radiation and human health. Pantheon Bo., N.Y.
6. Gordon, G.&L. Gordon (1984) : The sky will be blue, Mir Pub., Moscow.
7. Gore, A. (1992): Earth in the balance: Ecology and the human spirit. Miffin Co.(ترجمته إلى العربية عواطف عبد الجليل).
8. Holmes G., B.R. Singh & L. Theodore (1993) : Handbook of environmental management and technology. Wiley, N.Y.
9. Insel, P.M. & W.T. Roth (1988) : Core concepts in health. Mayfield Pub. Co., Calif.
10. Martin, J.M. (1991): L'economie mondiale de l'energic. (ترجمته إلى العربية هدى جمال).
11. Platt, A.E. (1996): Infecting ourselves: How environmental and social disruptions trigger diseae. Worldwatch paper 129, Wash.
12. Ward, B.& R. Dubos (1973): Only one earth. Sci Bo Cl, Lond.
13. Weber, P. (1993): Abandoned seas, revising the decline of the oceans. Worldwatch paper 116, Wash.
14. WHO (1987): Wastewater stabilization ponds, Alexandria.
15. WHO (1988,1989): Guidelines for drinking water quality. Vol. 1.2 &3, Geneva.
16. WHO (1997): Health and environment in sustainable development, Geneva.


دكتور حسين محمد العروسى
* دكتوراه نبات – جامعة مانشستر .
* أستاذ بجامعات الإسكندرية ،الرياض ،الملك فيصل .
* عميد لكلية العلوم الزراعية والأغذية ،
جامعة الملك فيصل .
* عضو فى الجمعيات العلمية التالية :
- أمراض النبات المصرية . - وقاية النبات العربية .
- الميكولوجية البريطانية . - علوم الحياة السعودية .
* مؤلف ومشارك فى تأليف الكتب التالية :
. التلوث المنزلى ، سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع .
. الشمس أم الطاقات وأنظفها ، سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع .
. الماء والحياة ، سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع .
. عالم خفى ، سلسلة العلوم والتكنولوجيا للجميع .
. الصراع بين الميكروبات والنباتات ، المكتبة الثقافية .
. الإنسان بين الميكروبات والنباتات ، العلم للجميع .
. أمراض الخضر .
. أمراض أشجار الفاكهة .
. مكافحة الأمراض النباتية .
. أمراض النبات .
. عملى أمراض النبات .
. آفات وأمراض الخضر .
. النبات العام .
. مورفولوجيا وتشريح النبات .
. المملكة النباتية .
. الأطلس النباتى .
. أساسيات علوم النبات .
. دراسات حول الطب الوقائى .
مكتبة المعارف الحديثة
٢٣ ش تاج الرؤساء
سابا باشا الإسكندرية
ت/ ٥٨٦٦٩٠٢ - ٥٧١٣٦٥٦
Bibliotheca Alexandrina
02577737